Katedra Systemów Multimedialnych
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

Technologie multimedialne
wykład

Stereoskopia

Opracowanie:
dr inż. Bartosz Kunka
dr inż. Piotr Odya

1

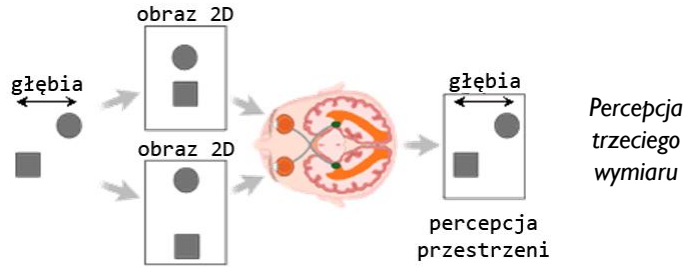
Wprowadzenie

- **Stereoskopia** jest techniką obrazowania, która pozwala człowiekowi za pomocą specjalnych technik obserwacji percypować obraz przestrzenny, powstały w wyniku złożenia dwóch dwuwymiarowych obrazów widzianych z perspektywy lewego i prawego oka
- Te dwa obrazy – zwane stereoparą – reprezentują obiekt z dwóch punktów widzenia, oddalonych tak jak oczy obserwatora (**65 mm – średnia odległość ludzkich oczu**)
- Mózg scala obrazy z dwojga oczu, dostarczając naszej świadomości jeden trójwymiarowy obraz (tzw. fuzja)
- W odczucie głębi przekształcone zostają rozbieżności między obrazami z lewego i prawego oka

2

Wprowadzenie

- Analizując położenie obiektów obserwowanych przez jedno i drugie oko, mózg dostarcza informacji o odległości obiektów między nimi i odległości, jaka dzieli je od obserwatora



- Ze względu na sposób łączenia obrazów stereopary i metody ich oglądania, wyróżnia się wiele technik obrazowania stereoskopowego

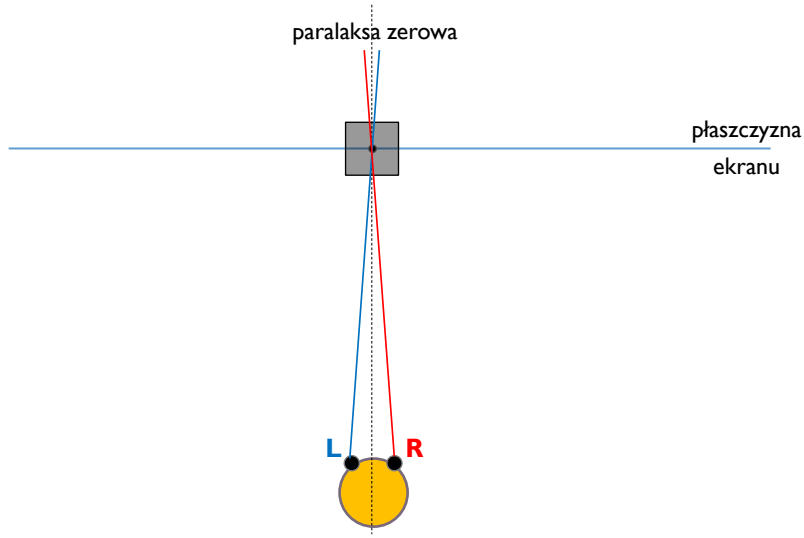
3

Paralaksa stereoskopowa

- Paralaksa to efekt **<u>niezgodności obrazów</u>** tej samej sceny obserwowanej z różnych punktów widzenia
  - w dużej mierze decyduje o postrzeganiu głębi (lewe oko widzi świat trochę inaczej niż prawe)
  - rodzaj paralaksy wpływa na rozsunięcie lewej składowej obrazu stereoskopowego względem prawej składowej
    - **paralaksa zerowa** – obraz 2D
    - **paralaksa pozytywna** – wrażenie głębi „za ekranem"
    - **paralaksa negatywna** – wrażenie głębi „przed ekranem" – efekt *pop-out*
- Na paralaksę wpływają:
  - szerokość stereobazy (odległość między środkami obiektywów)
  - relacje geometryczne (położenie) filmowanych/fotografowanych obiektów

4

Paralaksa – perspektywa widza

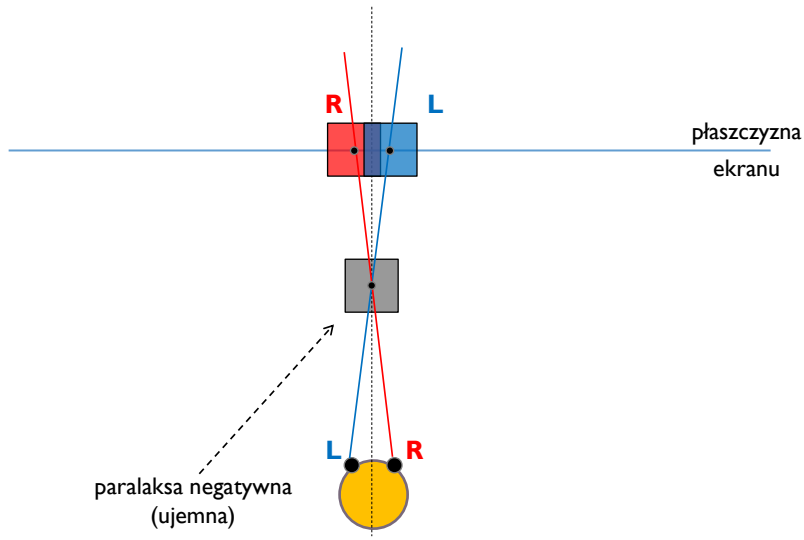


6

Paralaksa – perspektywa widza

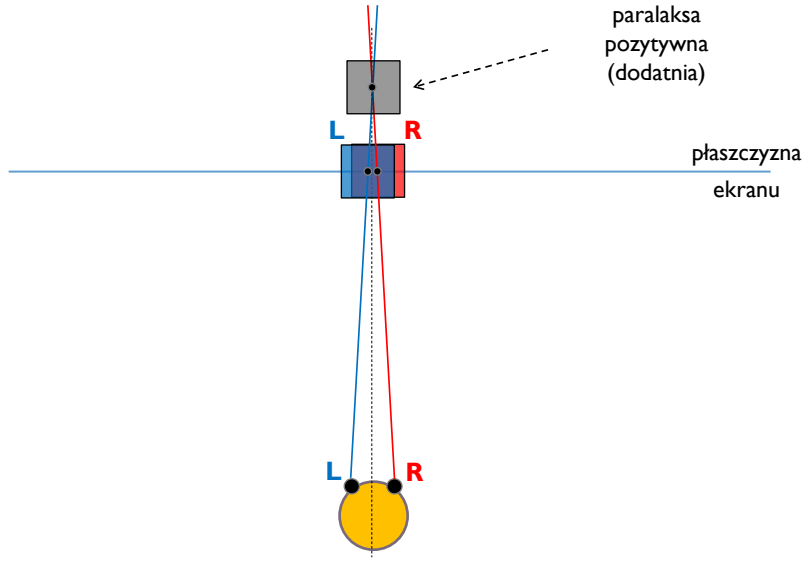
7

Paralaksa – perspektywa widza



8

Paralaksa – perspektywa widza



9

Paralaksa – perspektywa widza

10

Paralaksa – perspektywa widza

11

Paralaksa – perspektywa widza

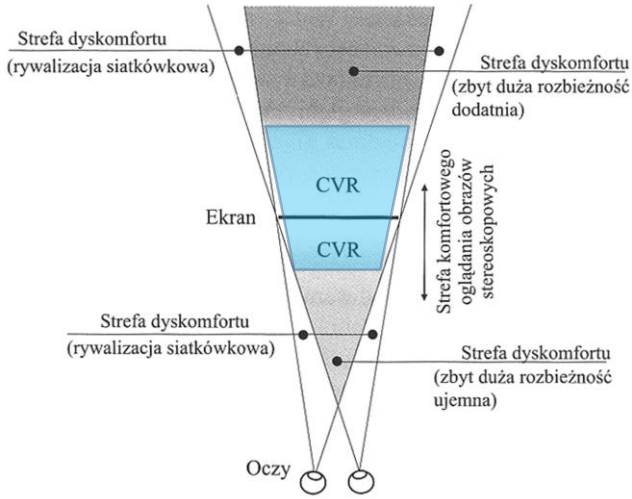
12

Paralaksa – perspektywa widza

13

Strefa komfortowego oglądania

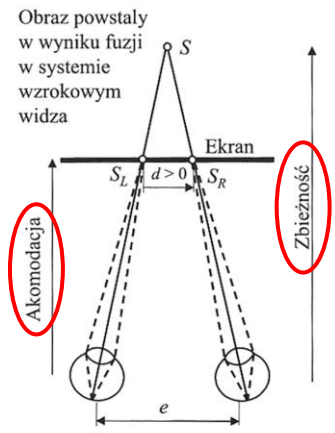
- ang. *comfort zone* (na rysunku – CVR)

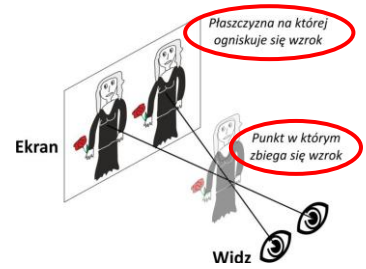


15

Akomodacja a zbieżność

- W przypadku obrazu 3D (negatywna lub pozytywna paralaksa) mamy do czynienia **z niezgodnością akomodacji i zbieżności** wzroku





- niezgodność akomodacji i zbieżności wzroku nie jest naturalna dla ludzkiego wzroku, więc mózg musi podjąć się dodatkowego wysiłku – męczące dla widza

16

Rejestracja obrazu stereoskopowego

Rejestracja obrazu w większości technik stereoskopowych polega na zastosowaniu:

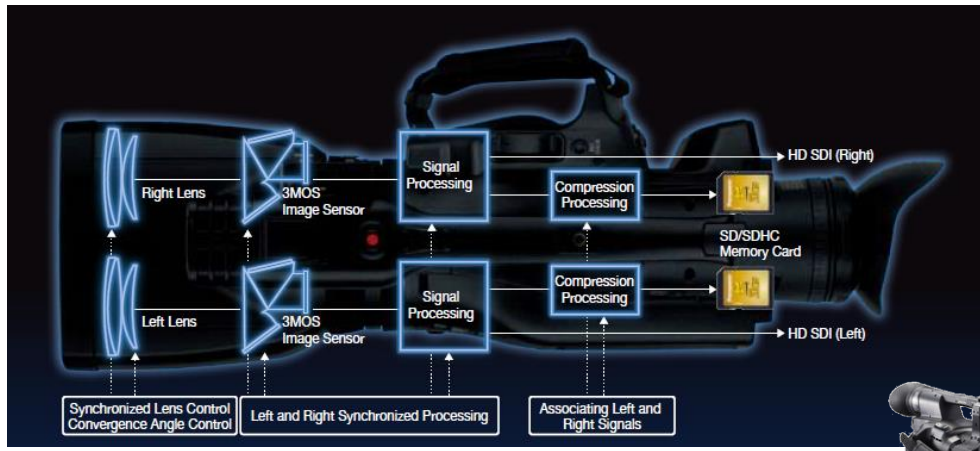
- **2 identycznych kamer**
  - *kamery umieszczone na specjalnym rigu*
  - *metoda najczęściej stosowana*

- **kamery dwuobiektywowej**
  - *stosowana w profesjonalnych*

- **specjalnego adaptera** (nasadki na obiektyw)
  - *rozwiązanie głównie amatorskie*

18

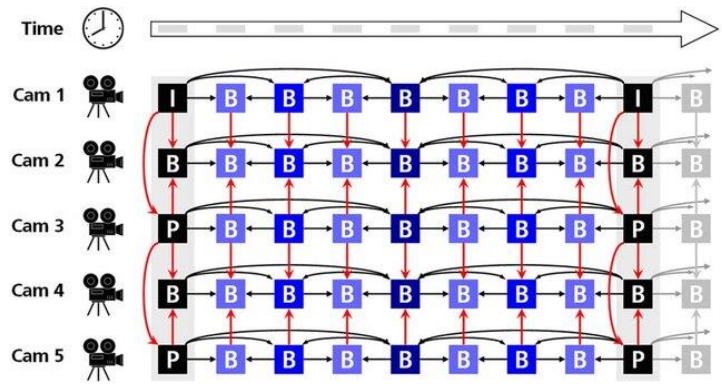
Rejestracja obrazu stereoskopowego



19

Rejestracja obrazu stereoskopowego

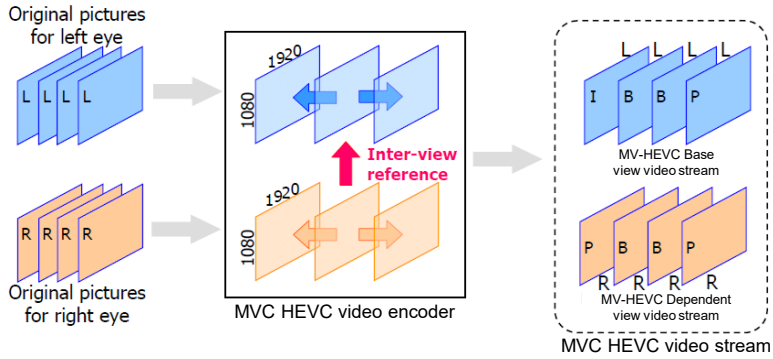
- technika MVC – MultiView Coding
  - aktualnie stosowany standard: Multiview High Efficiency Video Coding



20

Rejestracja obrazu stereoskopowego

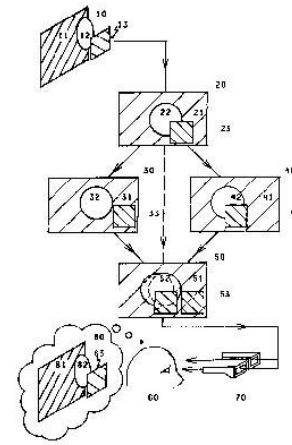
- technika MVC – MultiView Coding
  - aktualnie stosowany standard: Multiview High Efficiency Video Coding
  - pozwala na wykorzystanie podobieństw między obrazami dla lewego i prawego oka



21

Konwersja 2D do 3D

- Możliwa jest konwersja obrazu 2D do obrazu 3D
- Dziś algorytmy wykorzystują głębokie uczenie
- Nawet telewizory zapewniają konwersję 2D -> 3D w czasie rzeczywistym



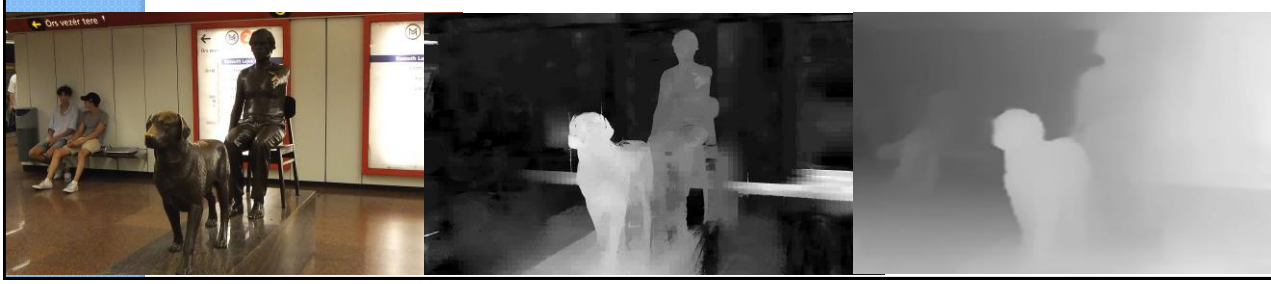
Przykład filmu:

- „Titanic 3D” reż. J. Cameron:
  zaangażowanie 300 osób, 60 tygodni, koszt: 18 mln $

22

Mapa głębi

- ilustruje odległość poszczególnych pikseli zdjęcia 2D (klatki filmu 2D) od widza (na osi Z)
- używana m.in. do konwersji filmów kinowych do 3D, przez monitory autostereoskopowe czy na Facebooku
- można ją utworzyć na podstawie stereopary lub nawet pojedynczego zdjęcia



23

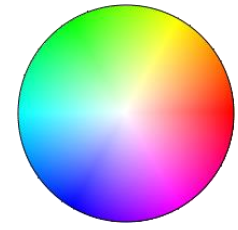
Podział technik stereoskopowych

- Techniki stereoskopowe można podzielić w zależności od stosowanego filtru
  - **kolor** (technika anaglifowa, *Dolby 3D*),
  - **polaryzacja** (techniki polaryzacyjne)
  - **czas** (techniki migawkowe)
  - **przestrzeń** (kaski wirtualne, wyświetlacze autostereoskopowe)

24

Technika anaglifowa

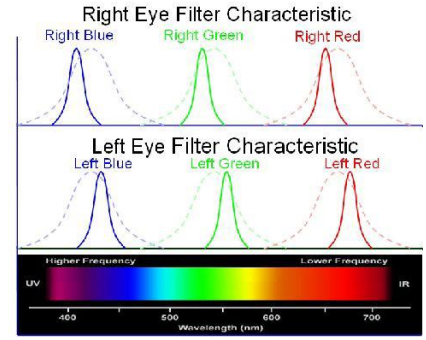
- oparta na filtrach kolorów
- obraz anaglifowy charakteryzuje się podwójnymi krawędziami większości obiektów prezentowanej sceny – wynik połączenia dwóch obrazów:
  - lewy obraz stereopary (z dominującym komponentem czerwonym)
  - prawy obraz stereopary (z dominującym komponentem niebieskim/cyjanowym)
- komponenty: czerwony i cyjanowy leżą po przeciwnych stronach palety barw (model HSV),
  - filtr czerwony stosunkowo dobrze filtruje składową czerwoną z obrazu anaglifowego – nie przepuszcza składowej cyjanowej (analogicznie filtr cyjanowy)



26

Technika *Dolby 3D*

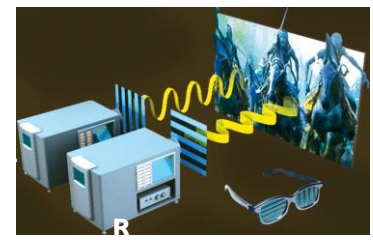
- wynaleziona w 2007 roku,
- ulepszona wersja techniki anaglifowej,
- do lewego i prawego oka trafia światło o nieco innym odcieniu: osobne "zestawy" barwne, które różnią się między sobą tonalnie,
- projektor odtwarza film z prędkością 144 klatek na sekundę - dzięki temu film 3D nie wywołuje nudności i zmęczenia oczu (można oglądać filmy pełnometrażowe),



27

Technika polaryzacyjna

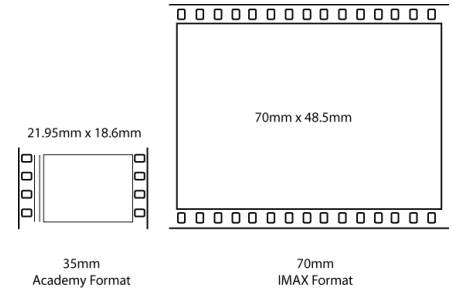
- oparta na filtrach polaryzacyjnych,
- wymaga stosowania okularów polaryzacyjnych, których szkiełka (filtry)
  - w przypadku pol. liniowej – są spolaryzowane w przeciwfazie, tzn. różnica między polaryzacją jednego i drugiego filtra powinna wynosić 90°)
  - w przypadku polaryzacji kołowej (częściej spotykanej) – są spolaryzowane w przeciwnych kierunkach (lewo- i prawoskrętnie)



31

Technika polaryzacyjna

- IMAX 3D
  - ekran kina IMAX: 24m szerokości, 18m wysokości, płaski z rysującą się złożoną krzywizną, rozciągającą się poza krawędź peryferyjnego pola widzenia



Porównanie ekranu kina IMAX z ekranem w kinie tradycyjnym

Sala kina IMAX

33

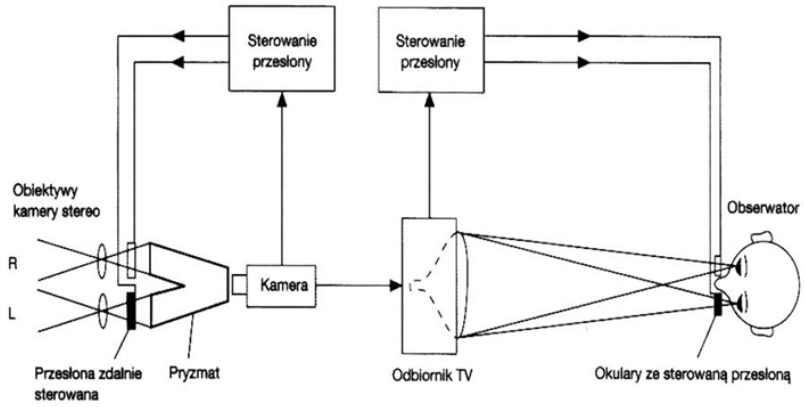
Technika polaryzacyjna

- Real 3D
  - oparta na polaryzacji kołowej,
  - w kinie:
    - wymagany tylko jeden projektor (wyświetla 144 klatki na sek., bezpośrednio przy soczewce projektora znajduje się modulator zmieniający polaryzację światła),
    - konieczność wymiany ekranu na srebrny,
  - znikoma cena okularów (można je traktować jako jednorazowe)

34

Technika migawkowa

- oparta na „filtrze czasu”,
- zasada działania (wykorzystanie bezwładności ludzkiego oka):



gdy wyświetlany jest obraz dla oka lewego, zasłonięte zostaje oko prawe, dla oka prawego - analogicznie

36

Technika migawkowa

- wyświetlanie obrazów dla lewego i prawego oka na przemian (z równoczesnym przysłanianiem oka dla którego obraz nie jest przeznaczony),
- częstotliwość wyświetlania obrazów: zazwyczaj 100/120 klatek na sekundę (im więcej, tym mniejsze zmęczenie wzroku),
- okulary migawkowe zamiast soczewek mają powierzchnie pokryte ciekłymi kryształami (ang. *LCD shutter glasses*),
- okulary migawkowe zawsze są aktywne (zasilane: przewodowo lub bezprzewodowo),
- wymagana jest synchronizacja z wyświetlaczem, tak by w odpowiedniej chwili do odpowiedniego oka trafiał odpowiedni obraz.

37

Technika migawkowa

Źródło: https://youtu.be/DNpR3b1gm-w

39

Kaski wirtualne HMD

- oparte na 'filtrze przestrzeni'
- ang. *Head-Mounted Display*
- przed każdym okiem umieszczony jest niezależny ekran
  - rozdzielczość ok. 2000 x 2000 px

Najczęstsze zastosowania:

- symulacje wojskowe,
- szkolenia personelu specjalistycznego (pilotów, kosmonautów),
- terapie polisensoryczne,
- systemy rzeczywistości wirtualnej (głównie gry komputerowe).

43

Wyświetlacze autostereoskopowe

Autostereoskopia:

Technika oglądania obrazów stereoskopowych bez użycia specjalnych okularów i bez stosowania specjalnych technik patrzenia

Technologie najczęściej stosowane w autostereoskopii:

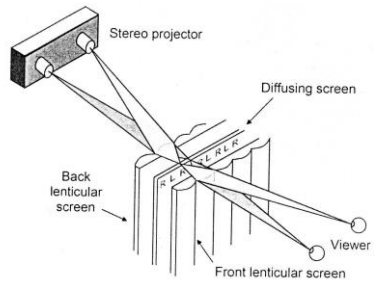
- raster cylindryczny (soczewki lentikularne),
- blokada paralaksy,
- holografia (na etapie badań).

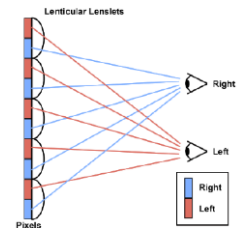
44

Wyświetlacze autostereoskopowe

Raster cylindryczny (układ soczewek)

- dwa obrazy stereopary są wyświetlane jednocześnie w dwóch kolumnach pikseli (jedna dla oka lewego, druga – oka prawego) za rastrem,
- dla każdego oka tworzy się główna strefa widzenia (w kształcie diamentu), z optymalną separacją stereo.



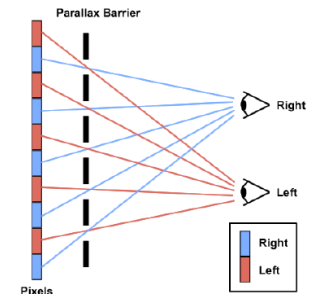


45

Wyświetlacze autostereoskopowe

Bariera paralaksy

- jednoczesne wyświetlanie dwóch obrazów stereopary, których piksele ułożone są w poziomie ($L_{1,1}$-$R_{1,1}$-$L_{1,2}$-$R_{1,2}$…)
- w celu „ukierunkowania" promieni stosuje się barierę (nazywaną również blokadą paralaksy),
- bariera paralaksy zbudowana jest z elektrycznie przełączalnego LCD,
- wady:
  - efekt występuje w bardzo wąskim przedziale kątów patrzenia
  - przyciemnienie obrazu
  - konieczność stosowania monitorów o dużej rozdzielczości w poziomie

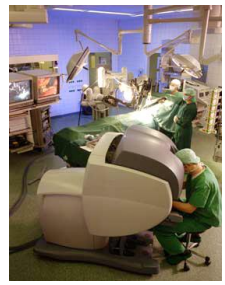


46

47

Zastosowania stereoskopii

- Medycyna:
  - zdalne operacje chirurgiczne lub wsparcie chirurga na sali operacyjnej



  - w edukacji przyszłych lekarzy: filmy 3D z operacji medycznych

48

Zastosowania stereoskopii

- Pomoc 'nawigacyjna' dla niewidomych
  - przetwarzanie informacji zawartej w obrazie trójwymiarowym:
    - wielkość i lokalizacja obiektu w przestrzeni przekazana za pomocą specjalnie kodowanych dźwięków,
    - informacja o odległości – za pomocą komunikatów słownych
- Projektowanie architektoniczne
  - podgląd trójwymiarowego modelu projektowanego obiektu na monitorze 3D lub z wykorzystaniem kasku
- Wirtualne spacery/zwiedzanie
  - materiały zarejestrowane za pomocą kamer 180/360 stopni

49

Dziękuję za uwagę!