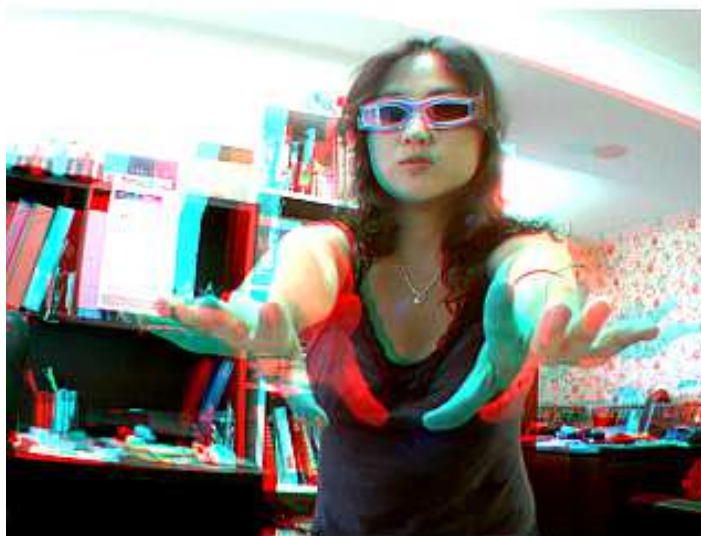


STEREOSKOPIA



Stereoskopia

- Stereoskopia – ogólna nazwa technik, które tworzą iluzję trójwymiarowego obrazu odbieranego przez widza, na podstawie dwuwymiarowych obrazów przeznaczonych osobno do każdego oka.
- Wykorzystuje ona fakt, że obraz docierający do każdego z oczu jest nieco inny, z powodu różnicy kąta widzenia.

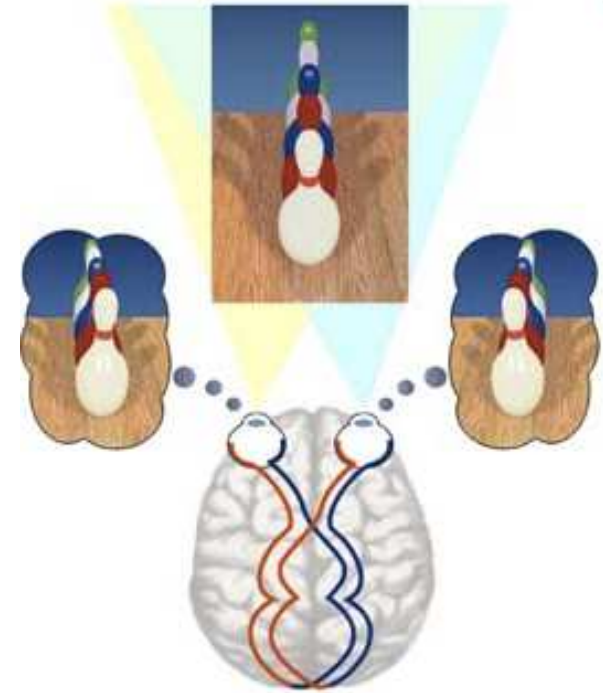
Wrażenie głębi

W jaki sposób człowiek rozpoznaje położenie obiektów w przestrzeni?

- Czynniki nieobecne w obrazie 2D:
 - stereopsja (widzenie dwuoczne)
 - akomodacja („nastawianie” ostrości)
- Czynniki obecne w obrazie 2D:
 - zasłanianie obiektów
 - perspektywa
 - zamglenie dalszych planów
 - rozmycie szczegółów dalszych obiektów

Stereopsja

- Każde oko dostarcza do mózgu nieco inny obraz
- Mózg łączy te obrazy w jedno wrażenie wzrokowe
- Różnice między tymi dwoma obrazami wpływają na wrażenie głębi obrazu



Tworzenie obrazów stereoskopowych

- Zwykle używa się specjalnej kamery dwuobiektywowej.
- Można użyć dwóch zwykłych kamer. Odległość między obiektywami musi być dobrana w zależności od odległości głównego obiektu od kamery.

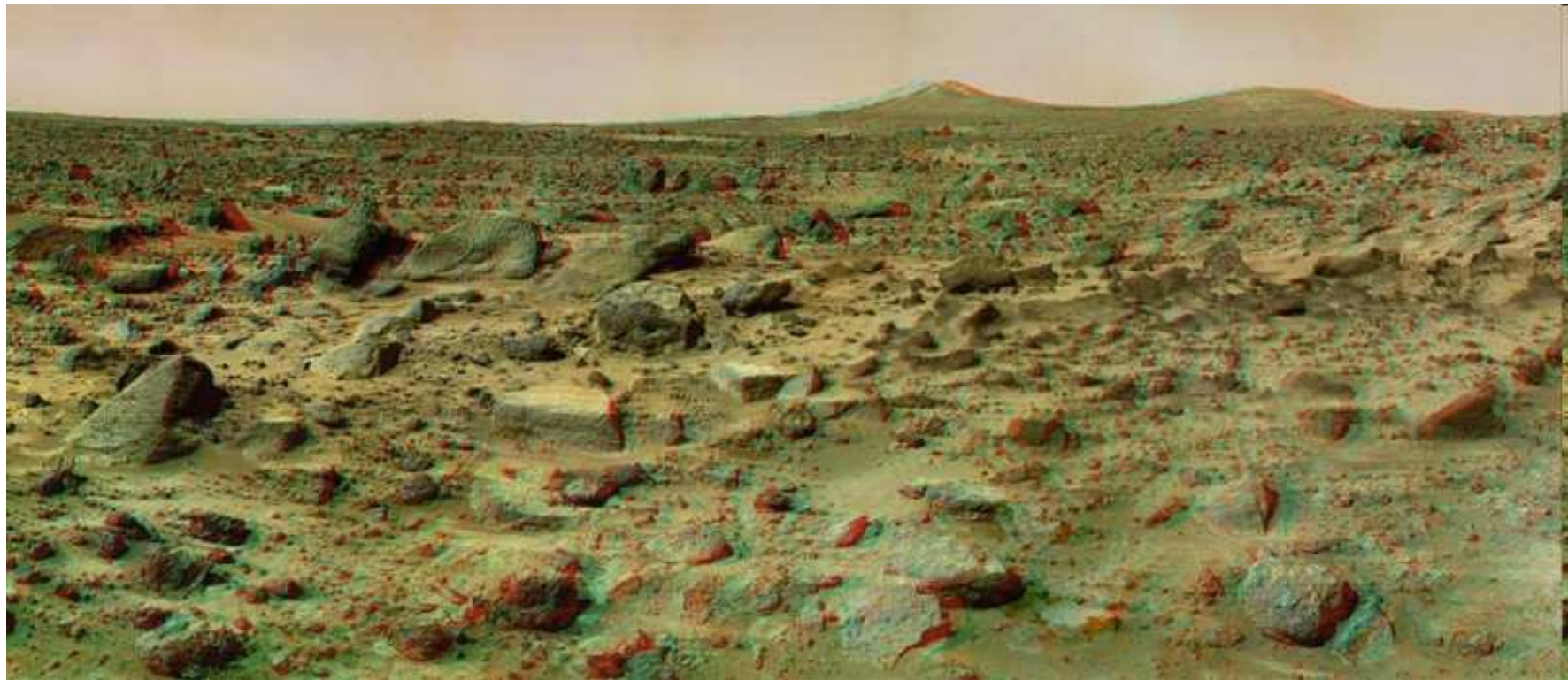


Technika anaglifowa

- Tworzone są dwa obrazy, przesunięte względem siebie tak aby odzwierciedlić różnicę kąta patrzenia.
- Kolory w obrazach są kodowane.
- Obrazy są nakładane na siebie.
- Połączony obraz sprawia wrażenie „zepsutego”, z „rozjechanymi kolorami”.
- Obraz oglądany jest przez okulary z filtrami (typowo: czerwień i cyjan).
- Do każdego oka trafia przefiltrowany obraz.
- Mózg składa obrazy, powstaje wrażenie głębi.

Technika anaglifowa

Przykład anaglifu:



Okulary do anaglifów:



Technika anaglifowa

Wytwarzanie anaglifów:

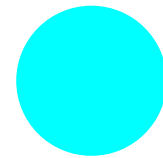
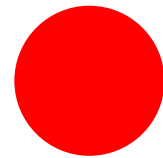
- Potrzebne są dwa obrazy, po jednym z perspektywy każdego oka.
- Filtracja obrazów:
 - lewy: usuwanie koloru zielonego i niebieskiego
 - prawy: usuwanie koloru czerwonego.
- Wyrównanie względem głównego obiektu.
- Dodatkowe przetwarzanie (przesunięcie, rotacja, selektywne wyostrzanie, itp.).
- Nałożenie obrazów na siebie.

Technika anaglifowa



L

P



Oryginalne

Filtracja

Wynik

ColorCode 3D

Opatentowana technologia rozwijająca koncepcję techniki anaglifowej:

- lewe oko – filtr bursztynowy, obraz zawiera informację o kolorze,
- prawe oko – filtr granatowy, obraz monochromatyczny, zawiera informację o głębi obrazu.
- Większa głębia kolorów, ale mocno przyciemniony obraz.
- Aberracje chromatyczne w obrazie oglądanym bez okularów (ale mniejsze zniekształcenia niż w klasycznym anaglifie).

Technika polaryzacyjna

- Dwa obrazy są wyświetlane z różną polaryzacją, np. w kinie – dwa projektory z różnymi filtrami polaryzacyjnymi.
- Obrazy są nakładane na siebie.
- Obraz oglądany przez okulary polaryzacyjne:
 - osobny filtr dla każdego oka – rozdzielenie obrazów z różną polaryzacją,
 - mózg składa oba obrazy w jedno wrażenie obrazu z głębią ostrości.



Technika polaryzacyjna

Dwa rodzaje polaryzacji:

- liniowa

- ortogonalne kierunki polaryzacji
- tańsza i prostsza metoda
- nie można wykonywać ruchów głową

- kołowa

- pol. skrętna w przeciwnych kierunkach
- droższa metoda
- dopuszczalne poruszanie głową
- zastosowanie w kinie, TV

RealD Cinema

Technologia *RealD Cinema* – przykład zastosowania w kinach 3D.

- Wykorzystuje się kołowe filtry polaryzacyjne.
- Obrazy dla każdego oka są wyświetlane na przemian, 144 fps.
- Przełączany modulator *ZScreen* zmienia polaryzację dla kolejnych ramek.
- Każda ramka filmu jest wyświetlana 3 razy (zmniejszenie migotania).
- Widzowie używają okularów z filtrami polaryzacyjnymi – rozdzielenie obrazów dla każdego oka.

RealD Cinema

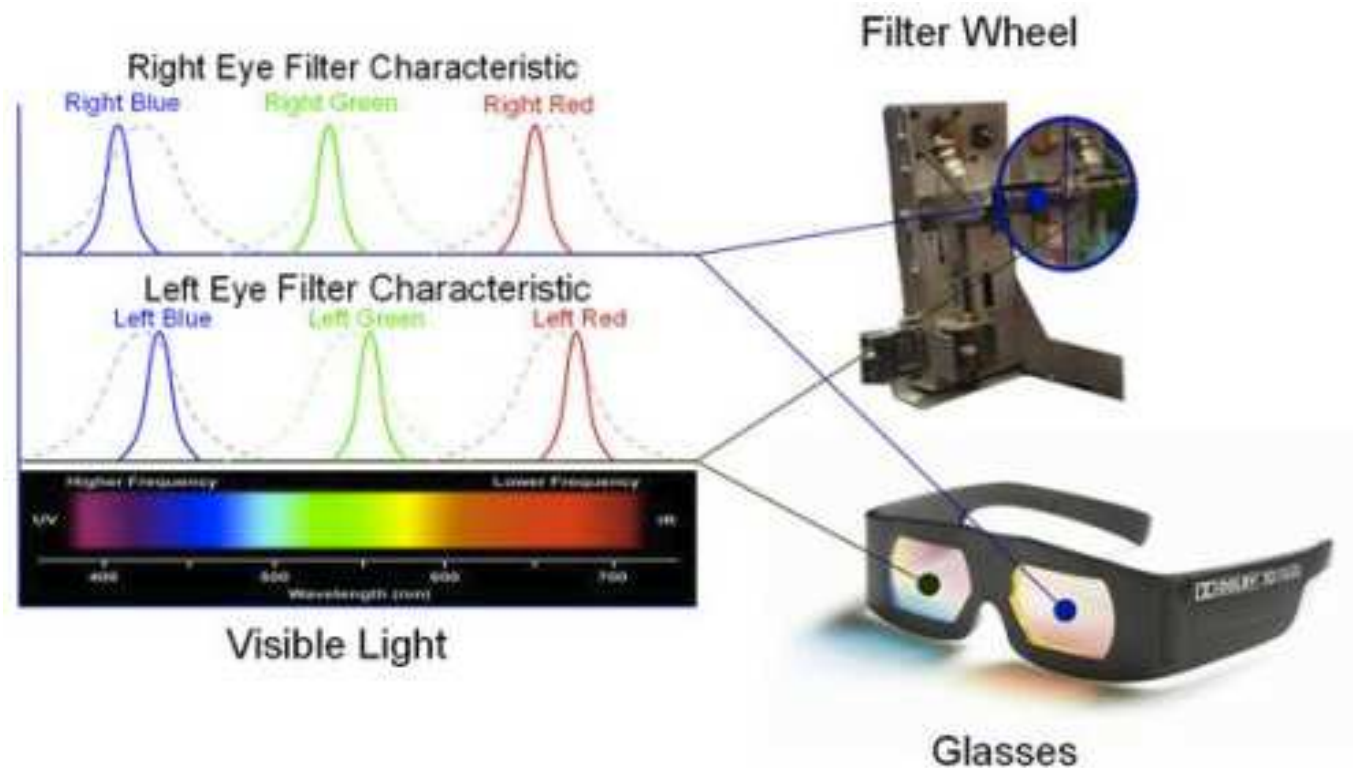
Problemy technologii *RealD Cinema*:

- wysoki koszt (polaryzatory, ekran, okulary)
- zmniejszenie jasności obrazu (filtr polaryzacyjny blokuje światło) – trzeba stosować silniejsze lampy projektorów
- niektóre osoby mogą źle się poczuć, zwłaszcza przy częstych przejściach między scenami o dużej różnicy głębi – twórcy filmów 3D starają się unikać takich sytuacji

Dolby 3D Digital Cinema

Technika *Dolby 3D*:

- filtry dzielą obraz na 6 pasm: po dwa dla koloru czerwonego, zielonego i niebieskiego
- do każdego oka trafia obraz zawierający jeden zestaw RGB



Systemy aktywne i pasywne

- Techniki anaglifowe i polaryzacyjne wykorzystują systemy **pasywne** – okulary używane do oglądania nie mają żadnych części sterowanych przez system wyświetlający obraz.
- W systemach **aktywnych** wymagane jest sterowanie:
 - układem wyświetlającym (np. ekran komputera lub TV)
 - układem odbiorczym (np. okularami)

Okulary LC z przesłoną

Liquid crystal (LC) shutter glasses

- dla każdego oka stosowana jest osobna powłoka z materiału ciekłokrystalicznego
- w zależności od napięcia sterującego:
 - zamknięcie przesłony – obraz czarny
 - otwarcie – obraz przepuszczany
- w danej chwili przepuszczany jest obraz dla jednego z oczu, drugie oko jest „zamknięte”
- sterowanie przesłoną: przewodowo, radiowo, *bluetooth*, podczerwień



System aktywny z okularami LC

- Wyświetlacz prezentuje na zmianę obrazy dla lewego i prawego oka
- Sygnał sterujący zamyka przesłonę dla „drugiego” oka
- Oglądając obraz przez okulary widzimy w danej chwili jeden obraz
- Mózg składa pary obrazów w jedno wrażenie obrazu trójwymiarowego

Wyświetlacz LCD

- Tradycyjny obraz 2D: częstotliwość odświeżania ekranu ok. 60 Hz.
- W technologii 3D trzeba wygenerować dwukrotnie więcej obrazów, a więc np. 120 Hz.
- Problem długiego czasu odpowiedzi matryc LCD – monitory do zastosowań 3D muszą mieć krótki czas odpowiedzi, inaczej powstanie smużenie i zaburzenie wrażenia trójwymiarowości.

Monitory z polaryzatorem

Alternatywne rozwiązanie:

- monitor z filtrem polaryzacyjnym,
- wysyła obrazy dla obu oczu jednocześnie
- oglądanie przez okulary polaryzacyjne
- kodowanie z przeplotem (co druga linia obrazu dla danego oka) – spadek rozdzielczości pionowej

Przykład: monitory firmy Zalman



Generowanie stereoskopowego obrazu 3D

- Dwukrotny rendering z dwóch punktów obserwacji odpowiadających „oczom” (dwie kamery).
- Nie wszystkie etapy rasteryzacji muszą być duplikowane.
- Możliwe generowanie obrazu stereo bez ingerencji w kod gry (wszystko obsługuje sterownik).
- Możliwość wpływania na parametry sceny stereoskopowej za pomocą API.
- Przykład: *NVIDIA 3D Vision*

Wady metod aktywnych

- wysoki koszt (drogie okulary)
- karta graficzna musi generować dwukrotnie więcej klatek (min. 60 fps)
- monitor musi prezentować obraz z dwukrotnie większą częstotl. (np. 120 Hz)
- przyciemnienie obrazu (okulary blokują światło)
- mało wygodne korzystanie z okularów

Autostereoskopia

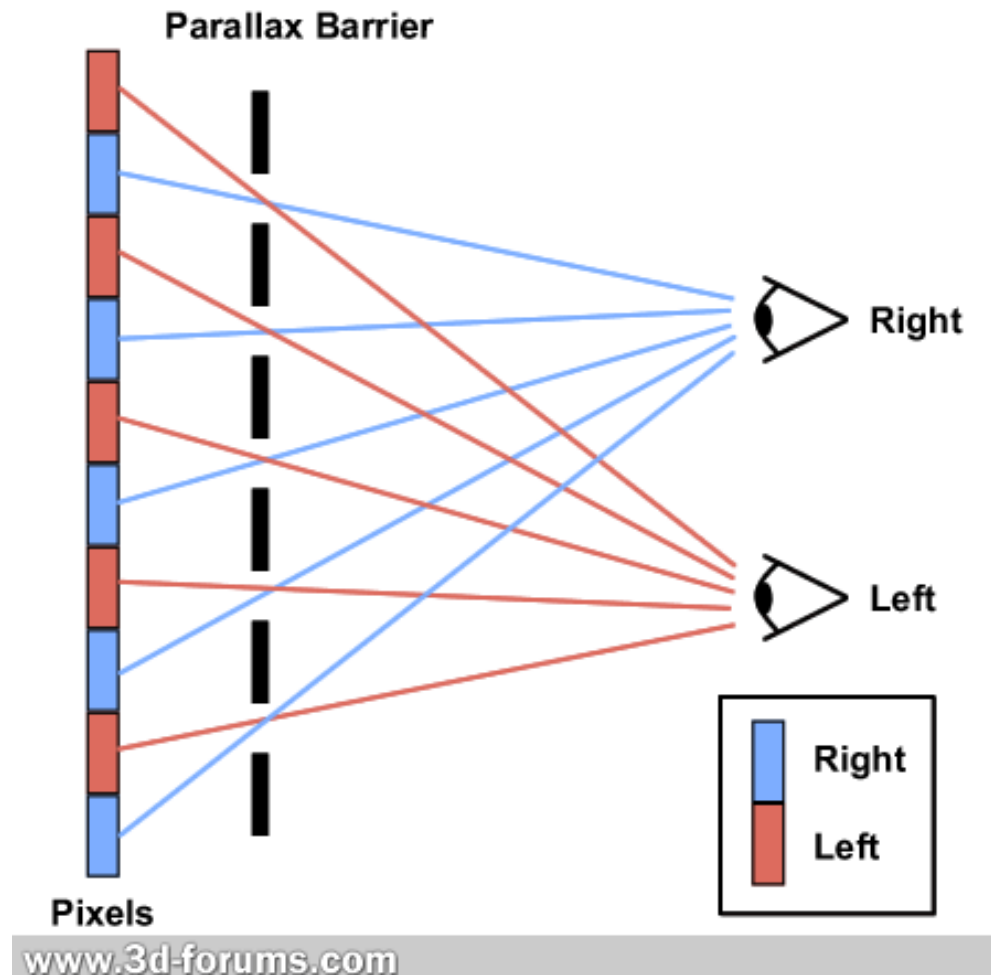
- Techniki autostereoskopowe pozwalają oglądać obraz z efektem 3D bez potrzeby stosowania okularów. Urządzenie zajmuje się kierowaniem odpowiedniego obrazu do danego oka.
- Opierają się na wytwarzaniu kilku (minimum 2, często więcej) obrazów jednocześnie, tak aby obraz docierający do każdego z oczu wyglądał inaczej.

Bariera paralaksy

- Na ekranie LCD montowana jest bariera paralaksy (*Parallax barrier*) - płaszczyzna zawierająca szereg mikronacięć albo dodatkowa matryca LCD (blokowanie wybranych pikseli).
- Każde oko ogląda inną grupę pikseli (efekt paralaksy), dając wrażenie głębi.
- W praktyce piksele z sąsiednich linii są kierowane do lewego lub prawego oka
- Efekt jest silnie zależny od położenia punktu obserwacji.

Bariera paralaksy

Ilustracja działania metody:



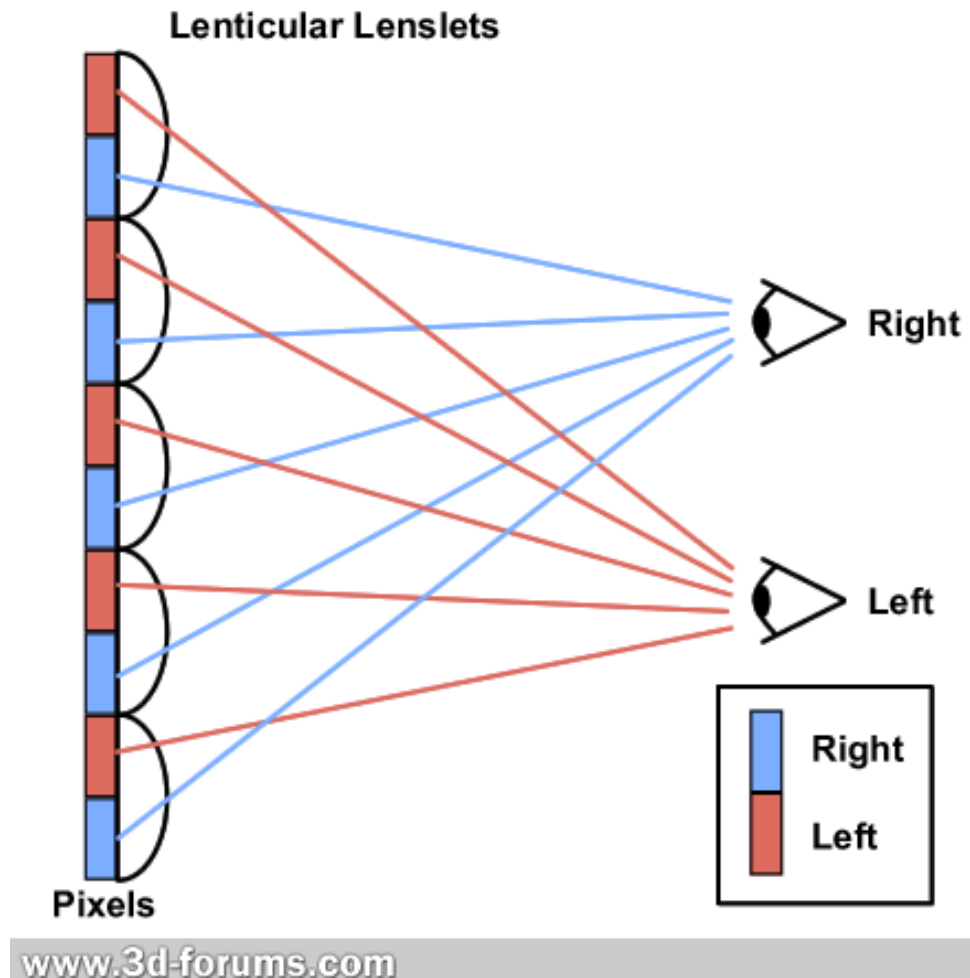
Metoda soczewkowa

Lenticular lens – druga popularna metoda autostereoskopii

- Ekran jest pokryty macierzą cylindrycznych soczewek powiększających.
- Soczewki kierują obraz z pikseli należących do sąsiednich linii obrazu do lewego lub prawego oka, dając efekt głębi.
- Efekt również zależy od punktu obserwacji.
- Metoda cały czas rozwijana, nowsze rozwiązania są bardziej odporne na zmiany położenia widza.

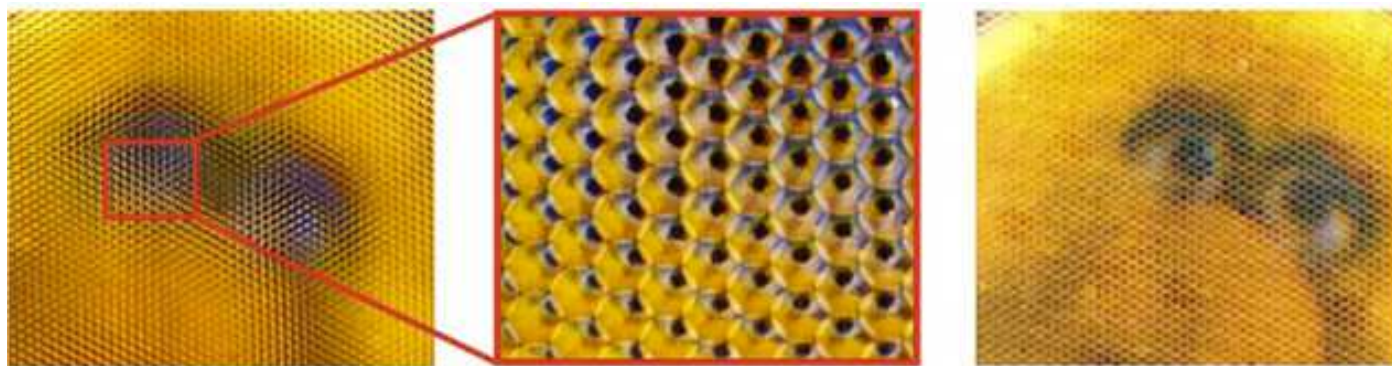
Metoda soczewkowa

Ilustracja metody *Lenticular lens*:



Integral imaging

- Ekran pokryty jest macierzą mikrosoczewek.
- Obraz wejściowy składa się z wielu mikroobrazów, oglądanych przez soczewki.
- Mikroobrazy obserwowane z określonego kąta składają się w jeden obraz dla każdego oka.
- Efekt głębi obrazu, zmiennej przy ruchu względem ekranu.



Side-by-side

- Obraz stereoskopowy *side-by-side*: obrazy dla lewego i prawego oka obok siebie, połączone w jeden obraz.
- Często zmniejszona rozdzielczość pozioma
- Układ sterujący kieruje dany obraz do odpowiedniego oka.
- Stosowane m.in. do rejestracji obrazu z kamery stereoskopowej.



Cross-eyed

- Podobnie jak *side-by-side*.
- Różnica: zamienione obrazy (obraz dla oka lewego – po prawej stronie).
- Lepsze dla prezentacji z rzutnika, gdy wyświetlany obraz jest daleko od widza.

2D + depth (2D + Z)

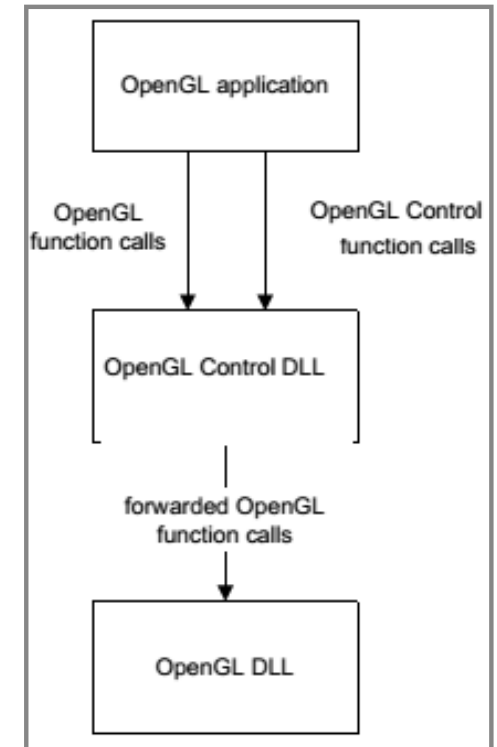
- Dwa obrazy składowe:
 - zwykły obraz 2D RGB,
 - obraz głębi (w skali szarości)
- Procesor składa oba obrazy w jeden obraz stereoskopowy.
- Nadaje się np. do wyświetlaczy autostereoskopowych.
- Łatwe do uzyskania w grafice komputerowej 3D (np. gry)
 - mamy bufor głębi Z.



2D + depth

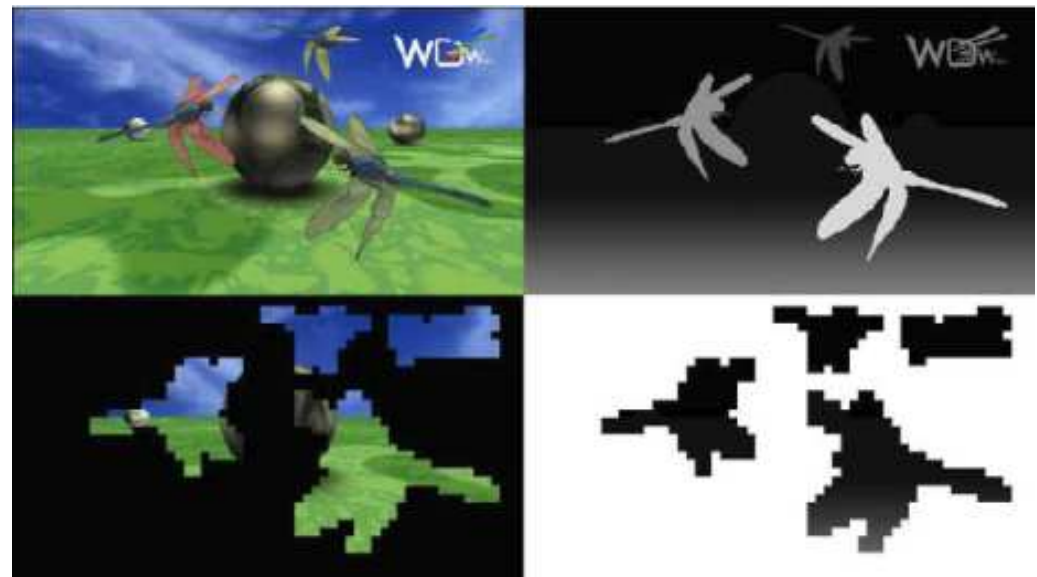
Przykład zastosowania w monitorze autostereoskopowym Dimenco.

- Specjalna biblioteka włącza się w potok renderingu DirectX / OpenGL.
- Pobierany jest bufor głębi, konwertowany na obraz 8-bitowy.
- Składanych jest 28 obrazów dla różnych kątów widzenia.
- Obrazy są prezentowane na ekranie.
- API – sterowanie parametrami.



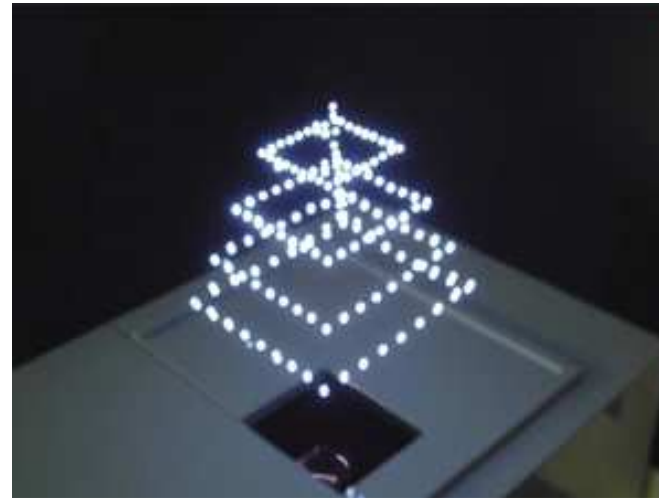
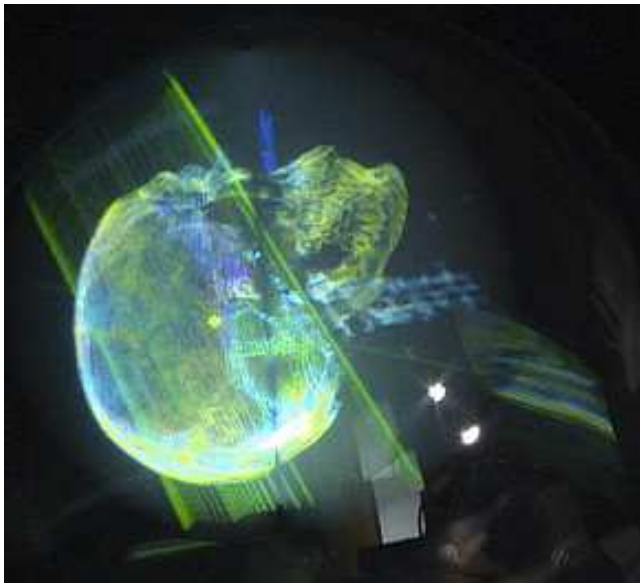
2D + depth + declipse

- Problem z *2D + depth*: zniekształcenia tła, gdy widz chce „obejrzeć obiekt z boku”.
- *Declipse* – dodatkowe dwa obrazy:
 - obraz obszarów tła zakrytych przez obiekty,
 - mapa głębi dla tych obszarów



Wyświetlacz wolumetryczny

- Wyświetlacze przyszłości – mają generować obraz bezpośrednio w przestrzeni 3D („hologramy”).
- Na razie *science fiction*.



Technologie rozszerzonej rzeczywistości

Augmented reality – bezpośrednio dostarczanie bodźców, np. obrazu i dźwięku, za pomocą komputera.

- Wyświetlacze nagłowne (*head-mounted headset*) – „okulary” zawierające miniaturowe wyświetlacze LCD, OLED, itp.
- Prezentują obrazy stereoskopowe bezpośrednio do danego oka.
- Izolują od świata zewnętrznego.
- Zastosowania profesjonalne (symulatory) i rozrywkowe.



Technologie rozszerzonej rzeczywistości

Occulus Rift – przykład systemu.

- Obraz generowany na PC (mocne GPU).
- Połączenie przewodowe z *headsetem*.
- *Rift* - wyświetlacze OLED, 1080x1200 px, odświeżanie 90 Hz (natychmiastowe), obraz wyświetlany przez 2 ms, kąt widzenia 110°.
- Śledzenie ruchów głowy (podczerwień), informacja zwrotna do oprogramowania.
- Zastosowanie głównie do gier – muszą być przystosowane do OR.



Technologie rozszerzonej rzeczywistości

Google Cardboard – inne podejście.

- Proste „okulary” przystosowane do umieszczenia w nich smartfona.
- Obraz obserwowany przez soczewki.
- Oprogramowanie wyświetla obraz *side-by-side*, korekcja zniekształceń wprowadzanych przez soczewki.
- Niski koszt, można zbudować samodzielnie.



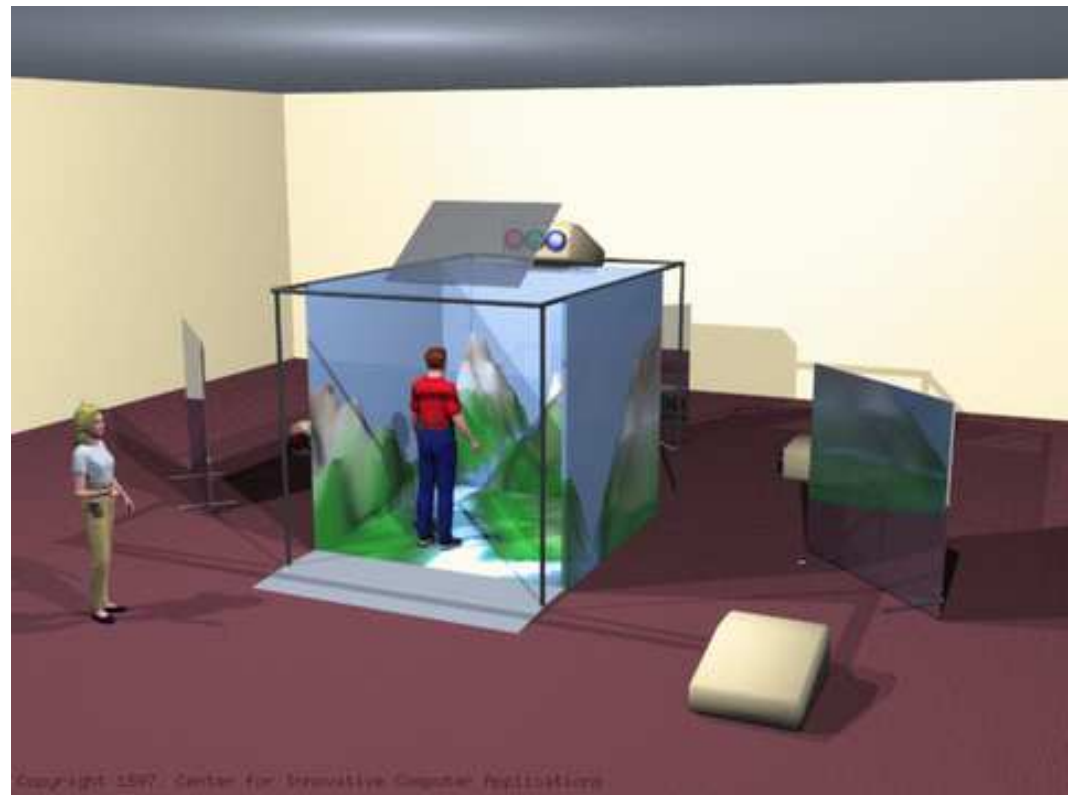
CAVE

CAVE - Cave Automatic Virtual Environment

Osoba znajduje się wewnątrz sześciianu.

Projektory rzucają na ściany obraz.

Za pomocą okularów uzyskuje się iluzję 3D.



CAVE

Bieżnia wszechkierunkowa (*omnidirectional treadmill, ODT*) - umożliwia poruszanie się we wszystkich kierunkach. Sterowanie wirtualnym światem. Wykorzystanie np. w CAVE.

