

XXIV. Wyświetlanie 3D

W przypadku wszystkich prac, które wykonaliśmy, aby uczynić programy bardziej realistycznymi, najlepsze, co możemy zrobić, to rzut realistycznych symulacji na dwuwymiarowy ekran. Chociaż biblioteki graficzne, takie jak Microsoft DirectX i OpenGL, mogą zapewniać realistyczne renderowanie w czasie rzeczywistym, nadal nie mają możliwości prawdziwego zanurzenia użytkownika w pracach, które zostały tak starannie stworzone. Trójwymiarowy wyświetlacz to coś, co branża rozrywkowa od pewnego czasu usiłuje nadać standard. W rzeczywistości prawie wszystkie "trójwymiarowe" technologie wyświetlania to technicznie zwane wyświetlacze stereoskopowe. Wyświetlacze te wykorzystują sposób, w jaki twoje oczy postrzegają głębię, aby oszukać twój mózg, myśląc, że widzi trójwymiarowy obraz, podczas gdy wyświetlacz pozostaje dwuwymiarowy. W przeciwieństwie do tego, wyświetlacze, które faktycznie obejmują tworzenie renderowania w trzech wymiarach, są nazywane wolumetrycznymi wyświetlaczami. Omówimy je później w ramach naszych starań o omówienie pojawiających się technologii.

Widzenie obuoczne

Sztuczka polegająca na wyświetlaniu obiektów, które wydają się trójwymiarowe, zależy od sposobu, w jaki ludzki mózg postrzega otaczający świat. Rzeczywiście, zwierzęta, które mają dwoje oczu, angażują się w tak zwaną wizję obuoczną. Ponieważ każde oko znajduje się w nieco innej pozycji względem oglądanych obiektów, lewe i prawe oko zapewniają obraz, który jest odmienny od mózgu. Nazywa się to różnicą obuoczną. Istnieją trzy możliwe wyniki, gdy mózg napotka te dwa różne obrazy: tłumienie, fuzję lub sumowanie. Tłumienie następuje wtedy, gdy mózg ignoruje jedno z obrazów, suma jest wtedy, gdy mózg próbuje postrzegać oba obrazy w tym samym czasie (podwójne widzenie), a na koniec fuzja miesza dwa obrazy, aby stworzyć głębię ostrości. Proces fuzji binokularnej jest czymś, czego nasz mózg uczy się, kiedy rodzimy. Fuzja obuoczna to także wyuczone zachowanie mózgu. Kora wzrokowa pobiera niezależne informacje wizualne z każdego oka i łączy je w jeden obraz. Twój mózg robi to w sposób organiczny, obliczając odległość do obiektów, abyś mógł efektywnie współdziałać z trójwymiarowym światem. Dokładny proces, w którym mózg to osiąga, jest obszarem aktywnych badań. W rzeczywistości, naukowcy odkryli, że dwa obrazy nie muszą mieć żadnej geometrycznej rozbieżności, aby się złączyć. Oznacza to, że jeśli zrobisz dokładnie to samo zdjęcie tego samego obiektu o tym samym kącie, ale z innym oświetleniem, rzucając cienie mogą również powodować, że mózg będzie odtwarzał obiekt w trzech wymiarach. Paralaksa to odległość, jaką obiekt przemieszcza się między obrazami lewego i prawego oka. Możesz łatwo to pokazać, trzymając kciuk sześć cali od twarzy i zamykając jedno oko. Zablokuj niektóre słowa na tej stronie kciukiem. Teraz otwórz to oko i zamknij drugie. Słowa, które były za twoim kciukiem, powinny być teraz widoczne. Dzieje się tak dlatego, że twoje oczy nie znajdują się w tej samej pozycji, więc różne kąty zapewniają nieco inne obrazy strony. Ta odległość, którą wydawało się poruszać kciukiem, to paralaksa w tej odległości od oka. Fusion jest nieco trudniejsze do osiągnięcia, ale rysunek 24-1 stanowi interesujący przykład. Dwa kręgi są ustawione na określonej odległości i pokazują wierzchołek ściętego stożka wychodzącego ze strony. Górna część stożka jest odsunięta w stosunku do dna. To przesunięcie jest w przeciwnych kierunkach, naśladując, jak twoje oczy by to zobaczyły, gdybyś był bezpośrednio nad cylindrem. Najlepszym sposobem obejrzenia stereopary pokazanej na Rysunku 24-1 jest rozpoczęcie oglądania tego tekstu w odległym obiekcie.



Teraz opuść swoje spojrzenie bez ponownego skupiania oczu i wpatrywania się między dwa zestawy okręgów. Przy niektórych próbach mózg powinien być w stanie scalić obrazy tak, aby były teraz trzy zestawy okręgów. Pierwsze dwa będą nieostre, a zestaw centralny powinien wyglądać na trójwymiarowy. Możesz także uzyskać zestawy do bezpiecznika, krzyżując oczy; jest to jednak o wiele mniej wygodne niż używanie oczu w konfiguracji odległości. Biorąc pod uwagę, że twój mózg jest doskonały w rozpoznawaniu wzorców w czasie rzeczywistym, może również porównywać informacje wizualne w czasie, aby uzyskać poczucie wielkości i względnej odległości. Nazywa się to paralaksą ruchu i powoduje, że obiekty, które są bliżej ciebie, wydają się poruszać szybciej, kiedy poruszasz głową, niż obiekty znajdujące się dalej. Na przykład, jeśli jeździsz samochodem, zauważysz, że drzewa poruszają się szybciej niż księżyc. Dzieje się tak dlatego, że drzewa są bardzo bliskie księżycowi. Twój mózg używa tej widocznej dysproporcji prędkości, aby dojść do wniosku, że księżyc jest bardzo daleko. W następnym rozdziale omówimy, w jaki sposób algorytmy komputerowe próbują tego rodzaju rozpoznawania wzorców. Proces wizualizacji 3D zależy od ośmiu głównych czynników:

- Zakrycie jednego obiektu przez inny
- Podrzędny kąt widzenia obiektu o znanym rozmiarze
- Liniowa perspektywa (zbieżność równoległych krawędzi)
- Pozycja w pionie (obiekty znajdujące się wyżej na scenie są na ogół postrzegane jako znajdujące się dalej)
- Zamglenie, desaturacja i przejście do niebieskawości
- Zmiana rozmiaru szczegółów struktury teksturowanej
- Stereopsis
- Umieszczenie gałki ocznej (ostrość gałki ocznej)

Standardowa biblioteka grafiki 3D jest w stanie nadać wyglądowni trzy wymiary na ekranie, tak jak każdy dobry malarz na płótnie. Obie standardowe biblioteki 3D i malarze wykonują swoją pracę, odtwarzając pierwsze sześć pozycji z poprzedniej listy. Aby zintensyfikować iluzję, technologia wyświetlania 3D symuluje siódmy, stereopsis. Stereopsis to wrażenie głębi generowane przez fakt, że masz dwie gałki oczne patrząc na nieco inne kąty. W skrócie, biblioteka graficzna renderuje dwa różne obrazy, po jednym dla każdego oka, które mają przesunięcie paralaksy. Obrazy te są następnie dostarczane osobno do każdego oka. Sposób, w jaki obrazy są segregowane, różni się w zależności od technologii. Omówimy je trochę. Ostatnią pozycją na liście, umiejscowieniem gałki ocznej, jest proces, dzięki któremu twoje oko zmienia kształt, aby skupić się na różnych odległościach. Poprzez korelację kształtu oka z odległością do obiektu, zakwaterowanie działa jako jedna z informacji, które mózg wykorzystuje do określenia głębokości. Ponieważ obecne wyświetlacze 3D nadal używają ekranu 2D, oczy wciąż skupiają się na tej samej płaszczyźnie, niezależnie od postrzeganej głębi obiektu; dlatego ósmy element na liście nie jest odtwarzany. Dlatego większość wyświetlaczy 3D wciąż nie wydaje się być całkowicie realna. Niektóre technologie, takie jak hologramy i wyświetlacze wolumetryczne, pozwalają na umieszczenie gałki ocznej, ale zwykle kosztem innego czynnika. Dotrzemy do tych wykraczających poza najnowocześniejsze technologie pod koniec części.

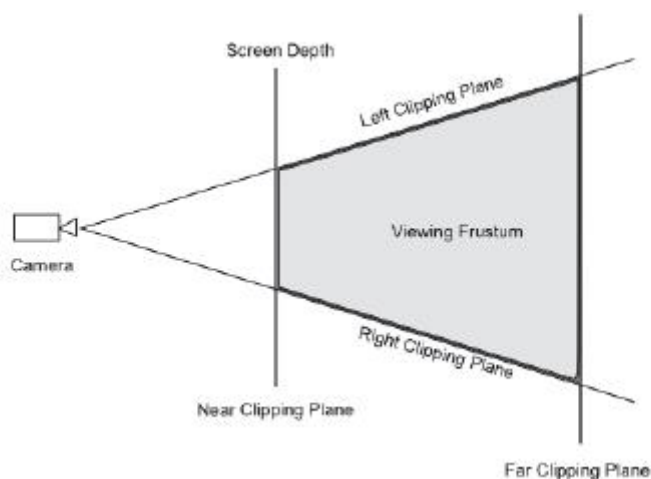
Podstawy stereoskopowe

Istnieją pewne dodatkowe uwagi, jeśli chodzi o wykorzystanie dzisiejszych technologii wyświetlania 3D do odtworzenia obrazów, które zwykle są dostarczane do kory wzrokowej za pomocą widzenia dwuocznego. Normalnie dwoje oczu tworzy dwa obrazy, które mózg łączy z biologiczną mapą głębi.

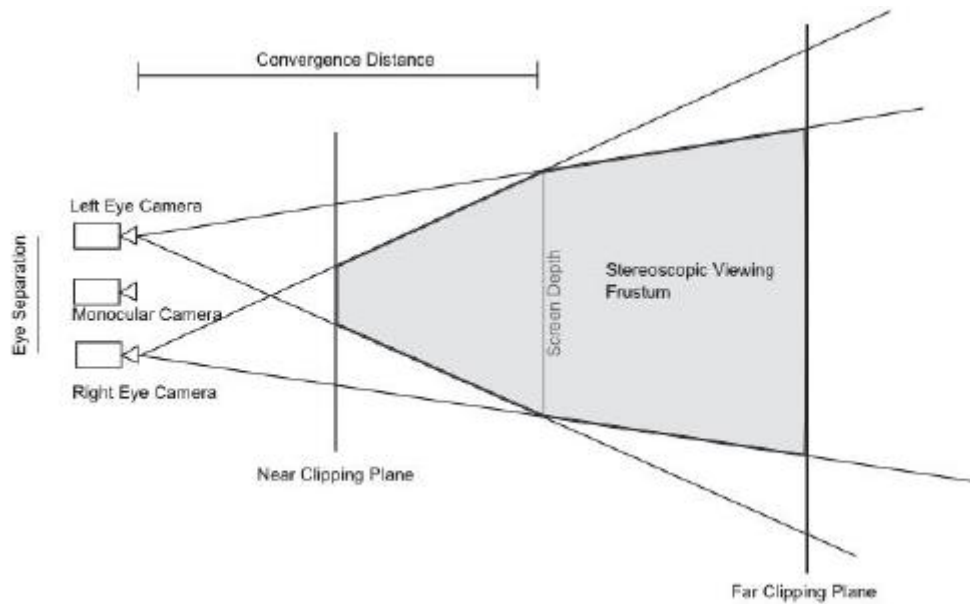
Najwcześniejsze obrazy stereoskopowe powstały w XIX wieku na podstawie dwóch zdjęć wykonanych z nieco innych pozycji. Widz obejrzałby zdjęcia przez coś, co stało się znane jako stereoskop. To urządzenie było zasadniczo wczesnym przykładem View-Master, który niektórzy z was pamiętają od dzieciństwa. Podczas gdy zasada pokazywania unikalnych obrazów każdemu oku jest w tym przypadku prosta, nie pozwala na oglądanie grupowe i wymaga, aby użytkownik miał coś przyciśniętego do jego oczu. Aby wyświetlić 3D coś, co grupa ludzi może doświadczyć razem, a w niektórych przypadkach nawet bez pomocy nakryć głowy, musimy spojrzeć na bardziej wyrafinowane metody segregowania prawego i lewego obrazu.

Lewe i prawe bryły ścięte

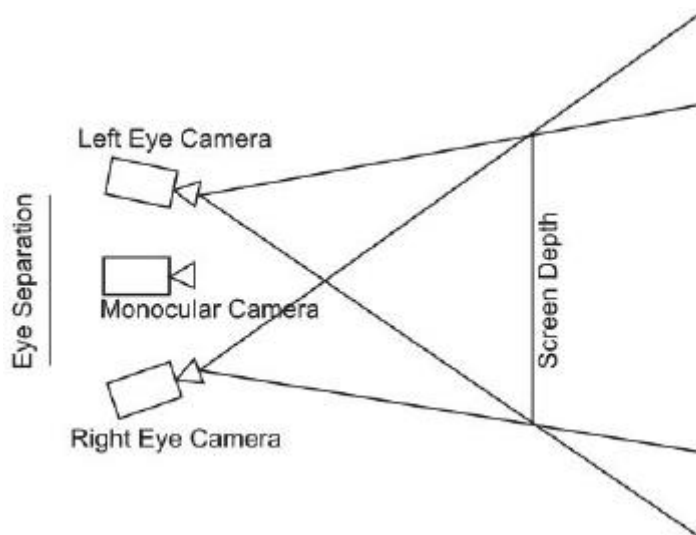
Jeśli znasz się na grafice komputerowej, pojęcie widzenia nie będzie obce dla ciebie. Jeśli nie, weźmiemy drugą chwilę, ale może to być warte zachodu aby przeczytać o nim szczegółowo, zanim przejdziesz dalej. Widzialny stożek jest obszarem przestrzeni w świecie modelowym, który kamera może zobaczyć ze swojej określonej pozycji w tym świecie. W normalnym renderowaniu grafiki 3D stożek ścięty jest obcięty przez bliską płaszczyznę, która reprezentuje odległość ekranu. Zasadniczo nie można renderować czegoś bliżej użytkownika niż płaszczyzny ekranu. Jeśli pamiętasz rzeczy wyskakujące z ekranu w ostatnim oglądanym filmie 3D, prawdopodobnie możesz się domyślić, że gdy używamy renderowania stereoskopowego, nie jest to już prawdą. Normalna grafika komputerowa frustum jest pokazana na rysunku 24-2.



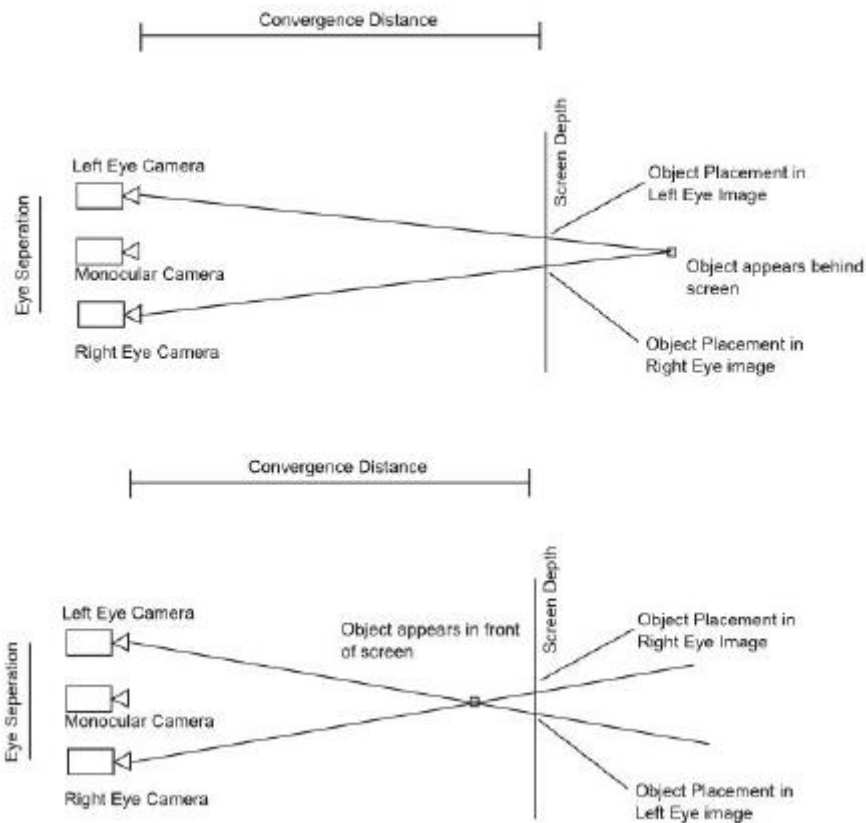
Podczas korzystania z stereoskopowej biblioteki wyświetlania 3D nie mamy już pojedynczego widoku punktu ścięcia. Zamiast tego mamy dwie kamery, które są poziomo przesunięte z kamery 2D, jak pokazano na rysunku 24-3.



Te dwie kamery, przesunięte względem kamery jednookularowej, generują lewy i prawy kadr. Jak widać, jest miejsce, w którym te dwa stożki przecinają się; nazywa się to odległością konwergencji. Obiekty umieszczone w odległości konwergencji będą wyglądać tak samo dla obu kamer. Zwróć uwagę, że wszystkie kamery są skierowane w tym samym kierunku; nazywa się to metodą poza osią. Wymaga to asymetryczności stożków ściętych, które obsługuje większość współczesnych bibliotek graficznych. Teraz, na pierwszy rzut oka, może być kuszące wskoczenie w dwa stożki, tak aby kadry każdej kamery były symetryczne, jak pokazano na rysunku 24-4.



Stworzy to praktyczne stereopary, ale wraz z poziomą paralaksą wprowadzi pewną pionową paralaksę. Może to powodować zmęczenie oczu i należy tego unikać. Zamiast tego należy zastosować technikę poza osią; jest to zilustrowane na rysunku 24-5.



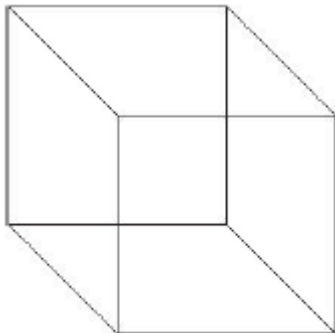
Jeden z obiektów znajduje się poza ekranem w tle, a jeden znajduje się przed ekranem. Możesz zobaczyć, że jeśli chcesz przesunąć coś na większą niż głębokość ekranu, obiekt musi być pokazany dalej w lewo niż w przypadku głębokości ekranu dla obrazu lewego oka. Dla obrazu prawego oka obiekt musi być pokazany dalej w prawo. Jeśli chcesz pokazać coś wychodzącego z ekranu, jest odwrotnie. Lewe oko zobaczy obiekt znajdujący się dalej po prawej, niż gdyby znajdował się na głębokości ekranu. Zwróć też uwagę, że każdy obiekt będzie miał nieco inny kąt. Ponownie, odległość pomiędzy umieszczeniem obrazu prawego oka a umieszczeniem obrazu lewego oka jest określana jako paralaksa. Ilość i względna orientacja paralaksy jest głównym sposobem, w jaki twój mózg tworzy obrazy 3D. W rzeczywistości najważniejszym aspektem fizyki stereoskopowego wyświetlacza, który programiści rozumieją, jest to, że istnieje budżet paralaksy, który muszą mądrze wykorzystywać przy opracowywaniu programów wykorzystujących wyświetlanie 3D. Ten budżet określa zakresy paralaksy, które twój mózg widza będzie w stanie zaakceptować wygodnie. Omówimy to szczegółowo na końcu części. Na razie rozważymy, że gdybyśmy po prostu pokazywali prawy i lewy obraz na ekranie bez dalszej pracy, moglibyśmy zobaczyć dwa obrazy z obydwoma oczami i nie powstanie efekt 3D. Najważniejsze jest, aby obraz przeznaczony dla lewego oka był widoczny tylko przez lewe oko i odwrotnie. Te dwa kanały, lewe i prawe oko, muszą być oddzielone jak to tylko możliwe. Zobaczmy, jakie są obecne możliwości osiągnięcia takiego rozdziału.

Rodzaje wyświetlania

Jak wyjaśniono, technologia wyświetlania 3D polega na zapewnieniu dwóch różnych obrazów, po jednym dla każdego oka. W następujących rozdziałach omówimy powszechnie stosowane techniki.

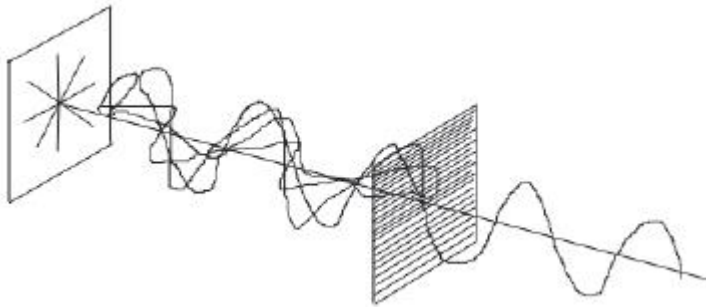
Anaglify z komplementarnymi kolorami

Każdy, kto widział film 3D w latach 80., pamięta tanie czerwone i niebieskie okulary, które musiał nosić, aby uzyskać efekt. Były to anaglify komplementarno-kolorowe. Anaglif to technika kodowania oddzielnych obrazów na jednej fotografii lub klatce wideo za pomocą filtrów kolorów. Metoda wymaga jednoczesnego obejrzenia dwóch przesuniętych poziomo obrazów. Obrazy będą zawierać dwa obrazy zabarwione w przeciwnych kolorach schematu. Chociaż istnieje wiele kombinacji kolorów, które mogą być używane, najbardziej popularne są dziś czerwony i cyjan. Te kolory są wybierane, ponieważ filtry cyjan i czerwony są najbardziej ekskluzywne. Czerwone i zielone filtry były używane wcześniej, ale zielony filtr przepuszcza zbyt dużo czerwonego światła. Może to powodować tzw. Rywalizację lornetki, w której twój mózg ma trudności z ustaleniem, z której mapy głębi korzystać. Jednym ze sposobów na zilustrowanie tego jest prosty rysunek przezroczystej kostki, jak pokazano na rysunku 24-6.

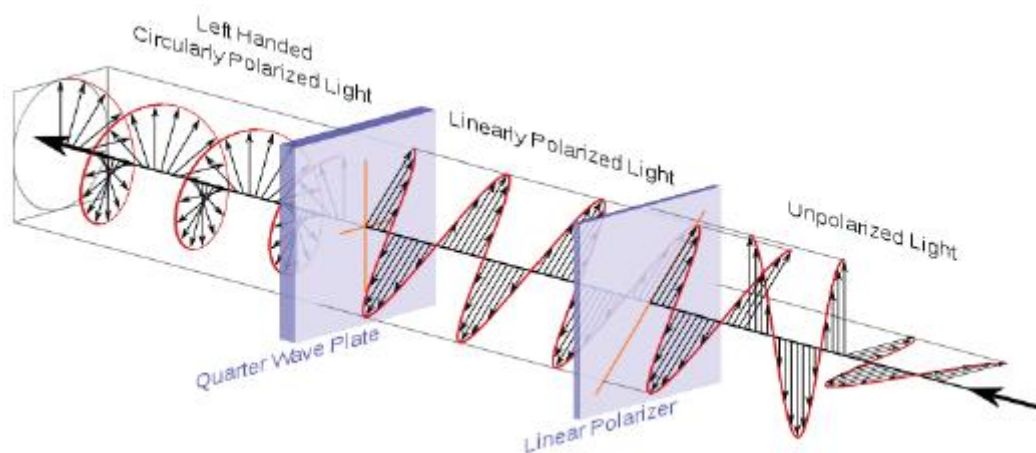


Jeśli skupisz się na sześcianie na rycinie 24-6, twój mózg może zacząć obracać się pomiędzy interpretowaniem górnej twarzy jako przednią stronę dolnej a dolną twarzą do przodu. Chociaż jest to spowodowane niepełnymi wskazówkami dotyczącymi głębi, to takie samo nieprzyjemne uczucie może pojawić się, gdy mózg odbierze przecieki przez dwa kanały na ekranie stereoskopowym. Jak można sobie wyobrazić, byłoby to dość denerwujące podczas gry wideo. Ponieważ okulary nie wymagają do tego żadnej elektroniki, jest to przykład pasywnej technologii 3D. Główną wadą tej metody jest to, że czerwony komponent obrazów jest wyciszany do przeglądarki. Istnieje wiele ulepszeń, które można wprowadzić w systemie, aby skorygować kolor i wyjaśnić pewne niejasności. Jednym z przykładów jest opatentowany ColorCode 3D, który wykorzystuje filtry bursztynowe i niebieskie. Zaletą tego systemu jest prawie pełna przestrzeń kolorów i dość dobry obraz, gdy nie są oglądane za pomocą okularów. Anaglify popadły w niełaskę u producentów filmowych i gier, gdy doszło do dojrzałości technik polaryzacyjnych. Zapewniają lepszą reprodukcję kolorów i zmniejszają zmęczenie oczu. Jednakże, biorąc pod uwagę stosunkowo niedrogi okulary wymagane i że nic specjalnego nie jest wymagane od wyświetlacza, poza tym, że może on wyświetlać kolory, anaglify odradzały się w drukowanych materiałach i Internecie. Polaryzacja liniowa i kołowa Ponieważ światło spolaryzowane odgrywa bardzo ważną rolę w największych wyświetlaczach 3D, ekranach filmowych, przeanalizujemy, co oznacza polaryzacja światła i jak to osiągnąć. Światło może być postrzegane jako fala elektromagnetyczna podróżująca w przestrzeni. Rozpocznijmy naszą dyskusję od rozważenia wspólnej żarówki. Emituje fale elektromagnetyczne we wszystkich kierunkach i jest nominalnie "biały". Fala elektromagnetyczna oscyluje prostopadłe do linii przemieszczania się. Nazywa się to falą poprzeczną. Dla porównania fale dźwiękowe oscylują w tym samym kierunku, w którym podróżują, tworząc obszary o większej gęstości. Nazywane są to falami podłużnymi. Tylko fale poprzeczne mogą być spolaryzowane, ponieważ tylko fale poprzeczne mają oscylację w wielu orientacjach. Wracając do naszej żarówki, emituje ona "brudne" światło, ponieważ fale elektromagnetyczne są w losowych orientacjach. Większość źródeł promieniowania elektromagnetycznego (tj. Światło) składa się z wielu cząsteczek, które wszystkie mają różne orientacje, kiedy emitują światło, więc światło jest niespolaryzowane. Jeśli światło przechodzi

przez filtr polaryzacyjny, opuszcza filtr z oscylacjami tylko w jednym kierunku. W rzeczywistości istnieją dwa rodzaje filtrów. Filtry liniowe wytwarzają oscylacje w jednym kierunku. Filtry okrągłe (specjalny przypadek filtrów eliptycznych) tworzą kołowo spolaryzowane światło, które obraca się w prawo lub w lewo. Ponieważ filtry kołowe są w pierwszej kolejności zależne od filtrów liniowych, omówimy je teraz. Najprostszym i najczęstszym filtrem liniowym jest polaryzator z siatką drucianą. Wyobraź sobie wiele bardzo cienkich drutów biegnących równoległe do siebie z małymi szczelinami między nimi, jak pokazano na rysunku 24-7. Kiedy niespolaryzowane światło uderza w przewody, oscylacje równoległe do fal wzbudzają elektrony w drucie i przesuwają je wzdłuż drutu.



Zjawisko to powoduje odbijanie składowej oscylacji. Jednak elektrony nie mogą łatwo poruszać się prostopadłe do długości drutów, więc zjawisko odbicia nie występuje. Tym, co pozostaje po drugiej stronie filtra, jest wiązka światła z oscylacjami w tym samym kierunku. Wczesne systemy wyświetlania 3D wykorzystywały spolaryzowane liniowo światło, aby oddzielić kanał prawego oka od kanału lewego oka. Jest jednak jeden problem z używaniem polaryzatorów liniowych. Wynika z tego, że jeśli po pierwszym umieścisz inny polaryzator z siatką, a jego przewody obrócą o 90 stopni, światło nie przejdzie! W rzeczywistości, jeśli masz starą parę okularów przeciwsłonecznych lub okularów 3D i trzymasz prawe oko na lewym oku, nic nie zobaczysz. Dzieje się tak, ponieważ każdy filtr blokuje jeden kierunek drgań, zapobiegając przedostawaniu się światła. Po obróceniu jednej z soczewek połączona soczewka rozjaśni się podczas ustawiania kierunków polaryzacji. Problem z tymi typami soczewek polega na tym, że gdybyś oglądał film i przechylał głowę na jedną stronę, ten sam efekt wystąpiłby i obraz byłby znacznie przyciemniony. Oznacza to, że podczas oglądania filmu Twoja randka nie może już spocząć na ramieniu. Coś trzeba było zrobić. Polaryzacja kołowa jest inną formą filtrowania pewnych orientacji, dzięki czemu można kontrolować, które wiązki światła przechodzą przez którą soczewkę. Jednak w tym przypadku kierunek oscylacji nie jest pojedynczą orientacją, lecz dokładniej wzorem oscylacji sparametryzowanych przez czas. Pierwszym krokiem do uzyskania polaryzacji kołowej jest przesłanie światła przez liniowy polaryzator, jak to właśnie omówiono. To światło jest przesyłane przez tak zwany filtr ćwierćfalowy. Typowy układ pokazano na rys. 24-8.



Najpierw polaryzator liniowy obrócony do 45 stopni przyjmuje światło wpadające i polaryzuje, jak to omówiliśmy wcześniej. Kołowy efekt polaryzacji uzyskuje się, gdy fala świetlna spolaryzowana pod kątem 45 stopni uderza w filtr, który przyjmuje zarówno oscylacje 0, jak i 90 stopni. Jak wcześniej wspomniano, nazywa się to filtrem ćwierćfalowym. Wynikowa kombinacja składowych 0- i 90 stopni pośredniej 45-stopniowej wiązki powoduje oscylacje, które obracają się w prawo lub w lewo w regularnym wzorze. Wzory, które obracają się w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, są nazywane leworęcznymi. Wzory, które obracają się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, nazywane są praworęcznymi. Główną zaletą jest to, że soczewki tworzą ten sam wzór, niezależnie od ich obrotu wokół środka soczewki. Innymi słowy, jeśli obrócisz zespół pokazany na rysunku 24-8, oznaczający obie soczewki wokół osi środkowej, nie nastąpi zmiana w polaryzacji. Zmniejsza to wpływ pozycji głowy na zdolność widzów do łączenia prawego i lewego oka, redukując zmęczenie oczu i zwiększając komfort. Na marginesie jest to również wymagane w przypadku aparatów cyfrowych, ponieważ polaryzacja liniowa wpłynęłaby na funkcje autofokusa i pomiaru światła w lustrzankach. Podobnie jak anaglify, spolaryzowane systemy 3D wykorzystują również okulary do rozdzielania dwóch kanałów projektowane w tym samym czasie. Pierwsze systemy wykorzystywały dwa projektory, każdy z innym liniowym filtrem polaryzacyjnym wyświetlającym się na tym samym ekranie z precyzyjnym timingiem. Ponieważ okulary pozwoliłyby widzieć tylko prawidłowo spolaryzowane światło przez każde oko, widz dostrzegł różnicę obuoczną. Dokładny czas pomiędzy projektorami będzie jednak podlegał błędowi powodującym zmęczenie oczu i lornetkę. Nowsze systemy, w tym RealD, wykorzystują aktywny filtr polaryzacyjny zamontowany na projektorze. Jednak nadal jest klasyfikowany jako system pasywny, ponieważ okulary, które posiada użytkownik, są po prostu normalnymi filtrami pasywnymi. W tym systemie istnieje jeden filtr, który może zmienić swoją polaryzację nawet 200 razy na sekundę. Każda inna rama jest oddzielnie spolaryzowana, a rozbieżność obuoczna występuje bez złożoności dodatkowego projektora. Chociaż ten system wykorzystuje filtr aktywny, okulary nie muszą się aktywnie zmieniać, aby oddzielić dwa kanały, więc jest to kolejny przykład technologii pasywnej. Główną zaletą systemów spolaryzowanych nad anaglifami jest to, że zapewniają one pełny obraz i unikają rywalizacji obuocznej. Może to zwiększyć komfort widzów, gdy oni oglądają filmy pełnometrażowe. Wady to koszt i ciemność. Okulary kosztują o wiele więcej, a złożoność projekcji jest większa. Niemożliwe jest utworzenie efektu na nośnikach statycznych, takich jak wydruk lub strony internetowe przy użyciu standardowych wyświetlaczy. Ponadto, ponieważ obiektyw na projektorze blokuje części światła, które nie mają poprawnej polaryzacji, obrazy wydają się ciemniejsze dla widza. Może to spowodować nawet 30% spadek jasności i jest głównym punktem spornym dla wielu reżyserów.

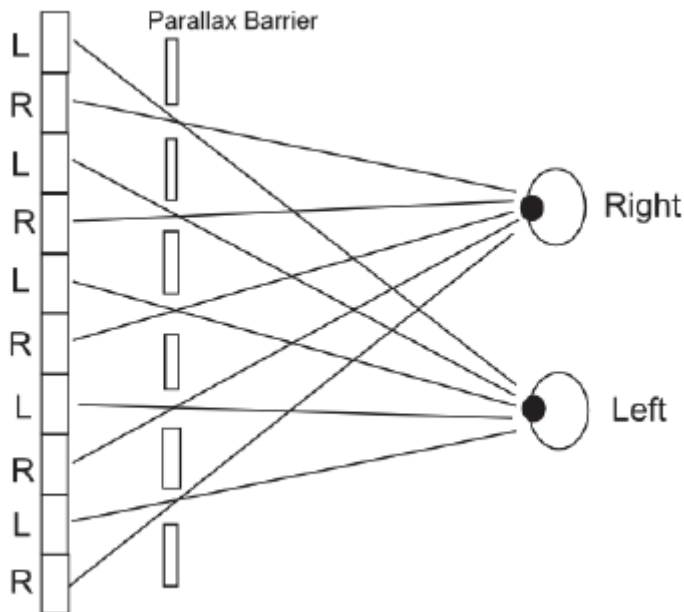
Plazma ciekłokrystaliczna

Inne omówione technologie wyświetlania to technologie pasywne. Projekcja niesie dwa kanały, a okulary oddzielają kanały, po jednym dla każdego oka, bez aktywnego udziału w okularach. Aktywne technologie wymagają, aby okulary oddzielały kanały, podczas gdy wyświetlacz jest mniej ważny. Ponieważ branża gier jest bardziej wrażliwa na dostosowywanie technologii wyświetlania 3D do pracy z istniejącymi monitorami komputerowymi lub telewizorami, zasadniczo koncentruje się na aktywnych technologiach. Najczęściej stosowane aktywne technologie oparte są na szklach okiennych z ciekłym kryształem lub okularach LC. Okulary LC działają, wykorzystując właściwość ciekłych kryształów, która powoduje, że stają się czarne, gdy podawane jest im napięcie. Jest to ta sama technologia, która tworzy ośmiosegmentowe cyfry na prostym kalkulatorze. Zasadniczo każda inna wyświetlana klatka jest pokazywana tylko jednemu oku, ponieważ okulary LC powodują przyciemnienie obiektywu podczas wyświetlania ramki przeciwnego oka. Aby upewnić się, że okulary uniemożliwiają widzenie prawidłowego obrazu przez odpowiednie oko, komputer nadaje sygnał synchronizacyjny do okularów za pomocą przewodu lub bezprzewodowo. W odpowiednim czasie prawe oko soczewki ma przyłożone napięcie, a cała soczewka szybko staje się czarna. Ponieważ światło może dostać się tylko do lewego oka, to oko widzi obraz na ekranie. Gdy wyświetlane wideo przechodzi do następnej klatki, tym razem dla prawego oka, okulary są jednocześnie wyzwolane, aby usunąć napięcie z prawej soczewki i przyłożyć ją do lewej soczewki. Po przyciemnieniu lewego soczewki tylko prawe oko widzi obraz prawego oka. Tak długo, jak dzieje się to bardzo szybko, w porządku 60 razy na sekundę na jedno oko lub całkowitą częstotliwość odświeżania 120 Hz, twój mózg nie może wykryć, że tylko jedno oko widzi na ekranie informacje na raz. . Zamiast tego interpretuje to jako ciągłe obserwowanie różnych obrazów i tak długo, jak obraz podąża za regułami, które omówiliśmy wcześniej interpretuje to jako głębość. Jak można sobie wyobrazić, główną wadą tej technologii w grach byłaby pewność, że liczba klatek na sekundę pozostaje stosunkowo wysoka. Teraz renderujesz dwa razy więcej obrazów, niż normalnie potrzebujesz. Omówimy więcej informacji na temat renderowania później. Również w odniesieniu do szybkości klatek jest częstotliwość odświeżania wyświetlacza. Ponieważ każde oko rzeczywiście ogląda tylko połowę klatek, ogólna liczba klatek na sekundę jest równa połowie częstotliwości odświeżania ekranu. Starsze wyświetlacze mają częstotliwość odświeżania 60 Hz i skutecznie zmniejszają o połowę, co może powodować problemy z przemęczeniem wzroku; jednak nowe wyświetlacze obsługują częstotliwość odświeżania 120 Hz, więc zmniejszenie o połowę nadal pozwala na płynne wyświetlanie. Ponadto, wyświetlacz będzie wydawał się znacznie słabszy przy włączonych okularach, ponieważ średnio oczy widzą tylko połowę światła, jakie normalnie by się pojawiło. Jak widać, ciemność jest powszechnym problemem wśród technologii wyświetlania 3D. Główną zaletą jest to, że nie potrzebujesz specjalnego wyświetlacza. Tak długo, jak wyświetlacz jest w stanie osiągnąć wymaganą częstotliwość odświeżania, można go doposażyć w parę okularów migawkowych LC i wyjąć z nich wyświetlacz 3D. Nvidia wydała taki zestaw w 2008 roku, zwany 3D Vision, który jest dość popularny. Karty graficzne są w stanie automatycznie przekształcić głębość obiektu w świecie modelu w paralaksę, aby starsze gry mogły być również renderowane w stereoskopii. To jest coś, co należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu następnej gry i za czymś, co za chwilę dotkniemy.

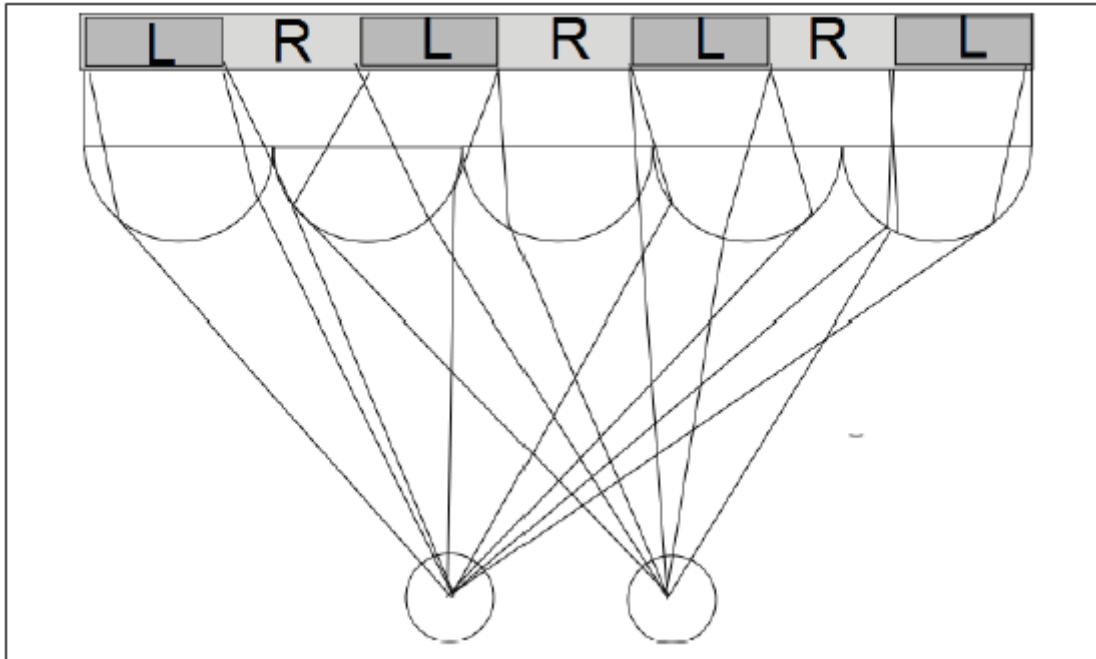
Autostereoskopia

Podczas gdy nowsze technologie 3D są dalekie od 3D kilku dekad temu, wciąż polegają na ludziach noszących okulary, aby obejrzeć obraz. Oznacza to, że wyświetlacze nie mogą być używane w swobodnym ustawieniu, takim jak reklama automatyczna lub uliczna. Również młodszy segment populacji gier może złamać lub stracić okulary. Konieczność zakładania okularów do oglądania obrazów 3D również dostarcza sygnał do mózgu, że to, co właśnie zobaczysz, jest złudzeniem optycznym. Załóż okulary, a twój mózg już myśli, że to nie jest tak naprawdę w 3D. Autostereoskopia stara się stworzyć iluzję głębi bez pomocy okularów i innych urządzeń do noszenia. Pierwszym i najbardziej powszechnym sposobem jest wprowadzenie bariery paralaksy pomiędzy wyświetlaczem a użytkownikiem. Jak

wspomniano wcześniej, paralaksa - i przez to różnica w lornetce - jest tym, co daje naszemu mózgowi główne źródło informacji o głębi. Bariera paralaksy wykorzystuje fakt, że każde z twoich oczu widzi rzeczy pod nieco innym kątem, aby oddzielić dwa kanały wymagane do stereoskopii. Fizycznie barierą jest warstwa umieszczona w lub na ekranie za pomocą serii bardzo precyzyjnie wyciętych szczelin. Ponieważ twoje oczy nie znajdują się w tym samym miejscu, szczeliny ukazują różne piksele na ekranie każdemu oku. Podstawowa ilustracja tej metody została przedstawiona na rysunku 24-9.



Jak pokazano na tym rysunku, starsze ekrany wykorzystywały szczeliny do blokowania wyświetlania niektórych pikseli, umieszczając je nad ekranem. Nowsze ekrany, takie jak ten na konsoli Nintendo DS, umieszczają barierę niższą niż piksele, ale przed podświetleniem. Zapobiega to odbijaniu światła od pikseli, które są zacienione przez stałe przestrzenie między szczelinami. Zapewnia to wyraźniejszy obraz i szerszy kąt widzenia. Mówiąc o kącie widzenia, jeśli metoda działa, ponieważ twoje oczy nie znajdują się w tym samym miejscu, jest oczywiste, że jeśli poruszysz całą swoją głowę, zobaczysz także inny zestaw pikseli. Jest to mankament: istnieje stosunkowo mały obszar nazywany "słodkim punktem", w którym użytkownik musi ustawić głowę względem ekranu, aby dostrzec efekt 3D. To sprawia, że jest on nieodpowiedni dla filmów, ponieważ tylko część miejsc będzie w słodkim miejscu, ale jest używana w urządzeniach przenośnych, gdzie tylko jeden użytkownik będzie oglądał ekran w danym momencie. Inną wadą jest to, że ponieważ szczeliny eliminują połowę pikseli z każdego oka, system zmniejsza efektywną liczbę pikseli o połowę. Powoduje to zmniejszenie rozdzielczości, któremu można przeciwdziałać przez jeszcze większą gęstość pikseli. Inną metodą bardzo podobną do metody paralaksy jest zastąpienie warstwy szczelin serią soczewek, które kierują światło z pewnych pikseli do określonego oka. Nazywane są soczewkami soczewkowymi i są zilustrowane na rysunku 24-10.



Tutaj mikroskopijne kopułkowe soczewki są umieszczane między widzem a ekranem. Obiektyw skupia światło tak, że tylko niektóre piksele są widziane przez każde oko, ze względu na nieco inne kąty, pod którymi oczy patrzą na soczewkę. Zaletami ponad barierą paralaksy jest to, że pozycja użytkownika jest mniej ograniczona, a obraz jest jaśniejszy. Zarówno w przypadku barier paralaksowych, jak i soczewkowych układów soczewkowych, możliwe jest modernizowanie aktualnych ekranów za pomocą wyjmowanych, przesuwanych filtrów, które umożliwiają oglądanie treści 3D zaprojektowanych do użycia z tymi filtrami. W chwili pisania tego tekstu kilku dużych producentów telewizorów prowadzi aktywne badania nad poszerzeniem pola widzenia tych technologii do użytku w środowisku rozrywki domowej.

Zaawansowane technologie

W ekranach, które do tej pory omawialiśmy, brakowało pewnego poziomu realizmu. Po pierwsze, oko nie musi ponownie skupiać się na obserwowaniu obiektów na różnych głębokościach, więc twój mózg nie jest całkowicie oszukany. Dodatkowo, gdy poruszasz się wokół wyświetlanego obiektu i nie zmienia on widoku, nadal widzisz obiekt pod dowolnym kątem, pod jakim obiekt został nagrany. Jeśli oglądałeś świat przez okno, możesz iść w prawo i zobaczyć więcej widoków leworęcznych. Spróbuj jednak, jak możesz, nie widzisz za rogiem budynku w grze wideo, przesuując głowę pod kątem ekranu. Chociaż możliwe jest odtworzenie tego efektu za pomocą funkcji śledzenia głowy, istnieją pewne przełomowe technologie, które mogą podjąć dalsze kroki. Jedną z technologii, która jest powszechnie uważana za zdolną do tworzenia obrazów 3D, jest hologram, podstawowy element science fiction. Wygląda na to, że powinniśmy być w stanie po prostu pobudzić niektóre dynamiczne holografy i zrobić wszystko razem z ekranami. Kto nie chciałby grać w sportową grę, jakby to była miniaturowa stolik? Jednak ze względu na sposób ich rejestrowania hologramy, jakie znamy, są statycznymi obrazami. Po zarejestrowaniu hologramów nie można zmienić. Ze względu na ich zdolność kodowania wielu kątów widzenia, stworzyliby wspaniałą technologię wyświetlania, a badania są w toku, aby znaleźć materiał, który może przechowywać dane holograficzne i być przepisany wystarczająco szybko, aby wywołać u widzów złudzenie ruchu. Od czasu do czasu w wiadomościach można zobaczyć zdarzenie zawierające obrazy generowane komputerowo wyświetlane w tak zwanym holograficznym wyświetlaczu. To nie są prawdziwe holografy, ale zwykle tylko projekcja na półprzezroczystym ekranie. Obrazy są nadal

całkowicie płaskie, a iluzja 3D pochodzi wyłącznie z mózgu, który nie rejestruje obecności ekranu. Inną technologią aktywnie badaną jest fotografia integralna. Jest to bardzo podobne do soczewek soczewkowych; jednak zamiast liniowych cylindrów w układzie pole soczewki jest bardziej jak oko muchy. Każdy obiektyw w macierzy przechwytuje pełny obraz z nieco innego kąta. Teraz, gdy rzutowany jest przez podobny zintegrowany obiektyw, światło tworzy pole 4D, które widz widzi jako scenę 3D odpowiednią dla swojego kąta patrzenia. Jeśli widok przesunie się na bok, zobaczy nową część obiektu, która wcześniej nie była widoczna. Ten rodzaj paralaksy ruchu tworzy bardzo realistyczne wrażenia 3D. Zaawansowane wyświetlacze tak dokładnie odtwarzają światło, które zarejestrowało obrazy, które oko może skupić się na różnych częściach obiektu (to się nazywa front falowy) i dlatego doświadczają miejsca w okolicy gałki ocznej. Przypomnijmy, że jest to ósmy element na naszej liście z wcześniejszego rozdziału i jest to coś, czego brakuje w innych wyświetlaczach. Przedstawiono niektóre prymitywne demonstracje tej technologii i będzie ekscytującym obserwować, jak rozwija się badanie. Poza każdą inną metodą, ostatnia, o której będziemy mówić, bierze byka za rogi. Jeśli chcesz uzyskać obraz 3D, po prostu utwórz obraz trójwymiarowy. Pozostałe wyświetlacze omawialiśmy wszystkie próby odtworzenia ekranów 3D za pomocą projekcji z powierzchni 2D. Istnieje grupa technologii wyświetlania zwanych wolumetrycznymi, które nie zawierają żadnych elementów 2D i próbują utworzyć pole świetlne o dobrze zdefiniowanych współrzędnych x , y i z . Wyświetlacze te są na tyle oddalone od konsumentów, że nadal dyskutowana jest definicja wyświetlacza objętościowego. Jednym z największych problemów z technologią będzie okluzja - czyli gdy obiekt przechodzi przed innym obiektem, nie można zobaczyć obiektu znajdującego się za obiektem, który jest bliżej Ciebie. Dość podstawowe informacje o głębi, prawda? Cóż, jeśli próbujesz utworzyć pole świetlne 3D, trudno jest zablokować światło, gdy inny renderowany obiekt przechodzi przed oryginalnym obiektem. Po prostu nie tworzenie światła nie będzie działać, ponieważ każdy widz mógłby oczekiwać, że dalszy obiekt zostanie zablokowany pod różnymi kątami. Istnieje kilka demonstrantów wykorzystujących lasery do wzbudzania elektronów w powietrzu. Kiedy lasery są skupione na tym samym trójwymiarowym punkcie, połączona energia tworzy małą kieszonkę plazmy, która emituje światło. Te małe objętości światła są często określane jako woksele i odpowiadają pikselom w technologii wyświetlania 2D. Obecna rozdzielczość i częstotliwość odświeżania nie będą zachwycać żadnych graczy w najbliższej przyszłości, ale nie mogę się doczekać dnia, w którym będę mógł oglądać Świętych Nowego Orleanu jako trójwymiarową grę stołową.

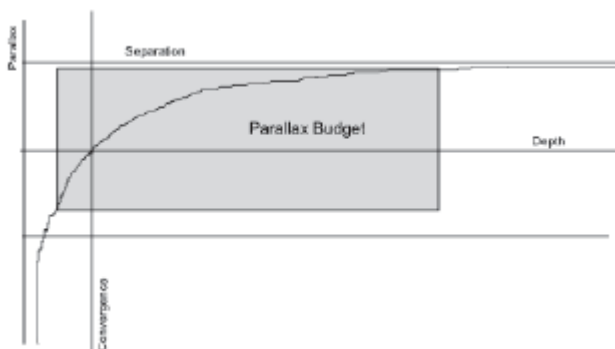
Uwagi dotyczące programowania

Teraz, gdy masz już doświadczenie w działaniu obecnych technologii wyświetlania 3D, istnieją pewne aspekty każdego z nich, które programista powinien wziąć pod uwagę podczas pisania gier. Istnieją dwa sposoby dodawania stereoskopowych treści 3D do gier: aktywna stereoizacja i pasywna stereoizacja. Nie należy ich mylić z pasywnymi i aktywnymi technologiami służącymi do oglądania obrazów 3D. Proces stereoizacji jest metodą, dzięki której obrazy 3D są tworzone w pierwszej kolejności. Aktywna stereoizacja to proces, w którym programista tworzy dwie kamery, generując osobne obrazy dla każdego oka. Pasywna stereoizacja eliminuje wymagania dla dwóch kamer i dodaje stereo na poziomie GPU. Każda metoda będzie kosztować coś w wydajności. Najgorszy przypadek kosztuje dwa razy jednookienne sceny; jednak niektóre elementy sceny, takie jak mapa cienia, nie będą wymagać ponownego przeliczenia dla każdego oka.

Aktywna technika stereoizacji

Aktywna stereoizacja jest koncepcyjnie prostsza i zapewnia większą kontrolę nad procesem stereoizacji. Najbardziej naiwną realizacją jest po prostu posiadanie dwóch kamer, które renderują kompletne sceny, a następnie przekazują bufory oznaczone po jednym dla każdego oka. Bufory są następnie wymieniane i wymieniane z tradycyjną definicją szybkości klatek wynoszącej połowę

rzeczywistej szybkości klatek. Jednak ta prosta implementacja powieli pewne elementy scen, które nie są zależne od wzroku. Zaletą tej techniki jest precyzyjna kontrola tego, co każde oko widzi. To pozwala programiście określić separację oczu dla każdej klatki i może być używane do dezorientacji użytkownika jako elementu gry. Zastanów się, czy granat z lampą błyskową zgasł: programista może zmienić pozycję kamer tak, aby zdeorientować użytkownika w 3D przez krótki czas po detonacji. Jednak ta technika spowodowałaby bardzo prawdziwy dyskomfort dla użytkownika, więc nie powinien być często używany! Wadą jest to, że programista jest teraz odpowiedzialny za zarządzanie dodatkową kamerą, która musi być renderowana dla każdej klatki. W przypadku tytułów komercyjnych ta metoda może być trudna, biorąc pod uwagę, że większość gier musi już uważać na to, ile razy odwołują się do potoku renderowania, aby utrzymać możliwe do odegrania liczby klatek na sekundę. Konieczność zarządzania dwoma kamerami powoduje dodatkowe obciążenie środowiska wykonawczego programu i sprawia, że korzystanie z istniejących silników gier jest nieco trudniejsze. Również ze względu na to, że nie wszystkie oczy mają tę samą odległość (odległość wewnątrzgałkową) i nie każdy mózg jest skłonny zaakceptować wytworzoną różnicę obuoczną, program musi również zapewnić opcje dla użytkownika, aby dostosować głębię i złożoność efektu stereo. Jeśli nie zapewnisz użytkownikowi możliwości dostrojenia doświadczenia, głos mniejszości będzie twierdzić, że twoja gra daje im rozdzierający ból głowy. Jednak, jak stwierdzono wcześniej, jeśli jesteś ciekawskim amatorem, proces przenoszenia kamery i renderowania stereoskopowych obrazów daje ci wiele informacji o tym, jak działa ten proces. Jak wspomniano wcześniej, musimy wziąć pod uwagę odległość wewnątrzgałkową widza. Jest to ilość paralaksy, którą chcemy przekazać obiektom w nieskończoności. Odległość ta zazwyczaj waha się od 3 cm do 6,5 cm. Duże różnice mogą powstać, jeśli weźmiesz pod uwagę, że podczas tworzenia sceny 3D musisz uwzględnić zarówno dorosłych, jak i dzieci. Teraz przydatne jest opracowanie znormalizowanej miary dystansu wewnątrzgałkowego. Nvidia nazywa tę rzeczywistą separację oka i podaje następującą formułę dla wartości: Prawdziwa separacja oka = odległość wewnątrzgałkowa / rzeczywista szerokość ekranu. Zauważ, że ta wartość zmieni się w zależności od szerokości ekranu użytkownika. Ta wartość jest ważna, ponieważ jest używana jako odniesienie dla maksymalnej separacji kamery podczas renderowania stereoskopowych obrazów. Rozdzielenia wyższe niż ta wartość spowodują dyskomfort u widza. W rzeczywistości, w przypadku ekranów komputerowych, gdzie użytkownik znajduje się stosunkowo blisko ekranu, większość ludzi nie czuje się komfortowo, gdy separacja kamery stanowi więcej niż połowę prawdziwej separacji oczu. Dlatego dobrą praktyką jest umożliwienie użytkownikowi zmiany separacji jako parametru programu. Ważne jest również, aby pamiętać, że separacja kamer to także wartość paralaksy na nieskończonej odległości. Kiedy dwa obrazy wyświetlają paralaksę równą separacji, tak jakby twoje oczy były idealnie równoległe. To jest coś, co dzieje się tylko wtedy, gdy patrzysz na coś bardzo odległego, jak szczyt górski. Jeśli zwiększysz paralaksę poza rozdziałem, to zasadniczo musisz poprosić widza, aby odstępowała jej od oczu. Jest to przeciwieństwo przekraczania twoich oczu i oczywiście powoduje pewien dyskomfort. Ponieważ mamy teraz górną granicę naszej paralaksy, możemy zacząć tworzyć budżet paralaksy. Przypomnij sobie, że odległość, na której przecinają się dwa stożki, nazywa się zbieżnością. Przy 100-krotności tej odległości wartość paralaksy wynosi 99% separacji. Oznacza to, że dla obiektów w scenie renderowanych przy tej wartości głębokości, będą one wyglądać płasko i wszystkie podobnie daleko. Jest to analogiczne do tego, że nie można stwierdzić, który szczyt odległego pasma górskiego jest najbliższy. Obiekty od 10 do 100 razy większej od odległości konwergencji mają paralaksę zmienną o około 10%. Powoduje to subtelne, ale wyczuwalne różnicowanie głębokości. Kiedy zbliżasz się do zbieżności, paralaksa wykładniczo maleje. W odległości zbieżności paralaksa jest równa 0. W odległości bliższej odbiornikowi niż ekran paralaksa jest ujemna. Odległość poza połowę ekranu odległości zbieżności tworzy ujemną paralaksę równą separacji. Jeśli obiekt znajduje się bliżej widza, jej oczy stają się problemem przy przekraczaniu i zmęczeniu wzroku. Teraz możemy narysować nasz budżet



Budżet skaluje się z odległością konwergencji i separacją. Powinieneś upewnić się, że tak wiele ważnych działań 3D zachodzi między konwergencją a 10-krotną konwergencją. Cała twoja scena powinna być zawarta z ujemną zbieżnością / 2 do pozytywnej 100 razy konwergencji. Generalnie musisz być bardzo ostrożny przy próbie wykonania efektu poza ekranem. Efekty te są bardzo imponujące dla widza, ale powodują największe zmęczenie spowodowane szybką zmianą paralaksy. Posiadanie obiektu po raz pierwszy pojawia się dalej niż ekran, a następnie przesuwanie go bliżej użytkownika zapewnia kontekst dla mózgu i zachęca do fuzji. Jeśli obiekt będzie bliżej użytkownika niż ekranu, ważne jest również, aby zapobiec przycięciu go przez krawędź ekranu. To spowodowałoby zniknięcie części obiektu 3D, a przycinanie zawsze występuje w punkcie zbieżności. To da widzowi sprzeczne wskazówki i spowoduje zmniejszenie efektu 3D. Biorąc pod uwagę ilość kontroli, jakiej potrzebujesz, aby zapobiec niepożądanym efektom wyświetlanym przez użytkownika, często najlepiej jest używać jej w scenach bez sterowania odtwarzacza. Inną trudną częścią gry do renderowania są elementy 2D. Interfejs użytkownika lub inne elementy menu, które nie mają głębi, są zwykle renderowane na głębokości zbieżności. Jednak istnieją pewne elementy, które są 2D, ale powinny być renderowane na pewnej niezerowej głębokości. Najważniejsze z nich to wskaźniki myszy i krzyżyki. Powinny być one renderowane na głębokości obiektu pod nimi. Ta zmiana głębokości kontrolowanego przez użytkownika wskaźnika pomaga utrzymać ideę, że obiekty znajdują się na różnych głębokościach.

Pasywne stereoizowanie

Pasywna stereoizacja bierze odpowiedzialność za zarządzanie procesem stereoizacji z rąk programisty. Programator przesyła potok renderowania jak zwykle pojedynczym poleceniem renderowania, a procesor graficzny generuje obrazy stereo. Większość systemów opiera się na heurystycznych podprogramach w sterowniku, aby wykonać jednookularową scenę i wygenerować lornetkowe obrazy. Podprogram heurystyczny to taki, który stara się nadać komputerowi "zdrowy rozsądek" co do tego, co próbuje zrobić, aby uniknąć konieczności wyczerpującego poszukiwania rozwiązania istniejącego problemu. Są to algorytmy nie oparte na sztywnych formułach matematycznych, ale bardziej podobne do sieci neuronowych; muszą być wyszkoleni, aby robić to, co chcesz. Algorytmy te decydują o tym, które elementy sceny są zależne od wzroku, a które nie są w procesie, który występuje całkowicie w rurociągu renderowania. Możliwe jest, że programista pokona reguły "zdrowego rozsądku", z których korzysta komputer w procesie instalacji, więc metoda ta nie jest całkowicie przeciwpożarowa, ale zmniejsza dużo nakładu pracy na rozwój. Jedną z największych zalet większych studiów filmowych jest to, że unika się konieczności przeprogramowywania istniejących silników gier. Z tego samego powodu umożliwia łatwe odtwarzanie istniejących gier w stereoskopowym 3D. Wszystkie powyższe zalecenia dotyczą pasywnej stereoizacji, z tą różnicą, że w grze nie powinno być żadnych ustawień regulowanych przez użytkownika. Pasywna stereoizacja opiera się na profilach innych firm, które pomagają GPU wykonywać pracę. Użytkownik skonfiguruje profil za pomocą dowolnego oprogramowania do stereo, którego używa, takiego jak NVIDIA 3D Vision. Inne zalecenia mogą być specyficzne dla stereoizera, a

producenci zazwyczaj publikują przewodnik po najlepszych praktykach. NVIDIA jest bardzo pomocny i zalecamy przeczytanie go, jeśli jesteś zainteresowany wykorzystaniem stereoizacji w swoich grach.