

Prostorové zobrazování - technologie 3D visualization - technology

**Bakalářská práce
Michal Šikýř**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Miloš Prokýšek

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra Informatiky

2009

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

Anotace

Bakalářská práce má za cíl zmapovat technologie prostorového zobrazování, ukázat jejich společné rysy i zvláštnosti a publikovat je ve vhodné formě na internetu.

Abstract

Bachelor's work aims to map the visualization technology, to show their common features and specialities and publish them in an appropriate form on the Internet.

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval panu Mgr. Miloši Prokýškovi za odborné vedení při psaní této práce a dále potom své rodině, která mě při studiu plně podporovala.

Obsah

1	ÚVOD.....	6
2	CÍLE PRÁCE	7
3	METODIKA	9
3.1	VÝBĚR TECHNOLOGÍ.....	9
3.2	KATEGORIZACE	11
4	PŘEHLED LITERATURY	13
5	TEORIE	15
5.1	VYMEZENÍ POJMU PROSTOROVÉ ZOBRAZOVÁNÍ.....	15
6	ZÁVĚR	19
7	PŘÍLOHY	21
	REFERENCE	55

1 Úvod

Problematika prostorového zobrazování není novinkou posledních let. Její historie sahá sice do počátků 19. století, ale v dnešní době zažívá opětovný „boom“ a nám se otevírají brány nových technologií. Tato bakalářská práce je zaměřena na technologie prostorového zobrazování, čímž se rozumí popis technických řešení, nikoliv jejich historie apod. To byl také podnět k tomuto tématu, jelikož na internetu jsou k nalezení útržkovité informace a neexistuje žádná ucelená publikace, která by se tímto tématem zabývala.

Využití technologií prostorového zobrazování má obrovský vliv na mnoho vědních disciplín a to i na poli pedagogickém. Děje se tak především na základě rychle se rozvíjejícímu odvětví osobních počítačů. Ty jsou hlavní hnací silou pro vývoj a využití prostorových modelů, které nám umožňují s těmito technologiemi pracovat interaktivně, což posouvá prostorové zobrazování kvalitativně o něco dál.

2 Cíle práce

V dnešní době se setkáváme s novými technologickými zařízeními, která nám zprostředkovávají ucelené prostorové zobrazení na něž se poté můžeme dívat. Tato práce má za jeden z cílů zmapovat použitelné, dnes existující technické prostředky prostorového zobrazování. Tyto technologie nás dnes obklopují na každém kroku. A to je důvod k tomu, abychom tyto technologie lépe poznali a seznámili se s jejich funkcí i využitím v dnešním světě.

Abychom věděli, které prostředky vybrat, je třeba si vyjasnit některé základní pojmy, například, co prostorové zobrazování vlastně je. To je jeden ze dvou hlavních cílů této práce, tj. vymezení pojmu prostorového zobrazování. Vymezením pojmu docílíme toho, že snáze identifikujeme technologie prostorového zobrazování. Těchto technických řešení dnes totiž existuje celá řada. To, že vymezíme pojem prostorové zobrazování a vytvoříme pro něj řádnou definici, nám poté usnadní práci při hledání již zmíněných technických řešení.

Druhý hlavní cíl představuje kategorizaci vybraných prostředků prostorového zobrazování. K tomu, aby tato kategorizace mohla být vytvořena je zapotřebí stanovit určitá kritéria. Tato kritéria jsou založena jak na potřebách a pohodlí pozorovatele, tak na jednotlivých technických aspektech těchto prostředků, které umožňují samotné prostorové zobrazování. Samotná kategorizace je potřebná zejména k tomu, aby se daly technologie prostorového zobrazování rozčlenit.

Praktickým výstupem této práce jsou především ucelené popisy technických prostředků prostorového zobrazování, včetně jejich kategorizace na základě vytvořené metodiky. Každá z technologií má své specifické způsoby vytváření prostorového obrazu. Na jejich základě budou názorně ukázány společné rysy popisovaných technologií. Tím se odkryjí výhody či nedostatky jednotlivých řešení prostorového zobrazování. Pomocí toho budou zjištěny zvláštnosti a specifika technických řešení, která umožňují výsledné zobrazování obrazu v prostoru.

Všechny informace jsou zpracovány ve formě e-learningového materiálu na internetu, kde budou zmíněné technologie umístěny pro účely výuky, ale i pro širokou veřejnost, kterou tato problematika zajímá. Tento cíl má své opodstatnění ve skutečnosti, že dnes neexistuje žádný podobný materiál, který se danou problematikou zabývá. Většina technologií je nesystematicky rozmístěna po internetu, v knihách či odborných časopisech. Nalézání technik prostorového zobrazování je velice těžké a zdlouhavé. Proto je zapotřebí vytvořit ucelenou příručku o tomto tématu, která se bude nalézat na internetu. Odtud budou informace zpřístupněny široké veřejnosti, která se danou problematikou zabývá. Další možností této příručky je její využití pro potřeby vyučování.

3 Metodika

3.1 Výběr technologií

Před vlastním výběrem technologií, jejichž popis se objevuje v praktické části této práce bylo nutné provést široké teoretické šetření v této oblasti. Bohužel v České republice, v době vybrání tématu bakalářské práce, nebyly dostupné odborné materiály zabývající se v širší míře o technologie prostorového zobrazování. Proto pro vyhledání těchto technologií byly využity internetové zdroje, které jsou zaměřené na oblast 3D grafiky a její zobrazování. Tyto prameny se staly výchozím bodem i pro stanovení hlavních kategorií prostředků prostorového zobrazování. Šlo především o tyto servery.

- **www.grafika.cz**
- **www.isu3D.org**
- **www.digitallearningfoundation.org**

Dalším zdrojem počátečních informací se staly odborné časopisy, které jsou dostupné na internetu.

- **www.21stoleti.cz**
- **www.itnews.sk**

Tyto prameny poskytly základní přehled existujících technologií a staly se základem pro pozdější kategorizaci.

Velmi užitečným zdrojem se rovněž stal server Wikipedia, především jako zdroj užitečných odkazů.

- **www.wikipedia.org**

Tyto informace byly poté hledány na internetu pomocí vyhledávače Google.

- **www.google.com**

Hlavní oblastí zájmu je u nalezených technických prostředků především princip používaný pro vytvoření prostorového obrazu. Na základě použité techniky vytváření prostorového obrazu jsou jednotlivé prostředky děleny do 3 hlavních kategorií (viz kapitola 3.2 Kategorizace). Dále je při zkoumání jednotlivých prostředků přihlíženo k některým dalším vlastnostem, jako je např. využitelnost.

Samotný výběr technologií byl podmíněn termínem prostorového zobrazování. Tento termín je vysvětlen, popsán a analyzován v teoretické části této práce (viz kapitola 5.1. Vymezení pojmu prostorové zobrazování). Vybrané technologie musely splňovat výslednou definici. Pokud některé technologie definici nesplňovaly, nebyly vybrány a v příručce poté popsány.

Dále byl popsán vždy jen jeden druh určité technologie. Mnoho výrobců se dnes zabývá technologiemi prostorového zobrazování. Často jde dokonce o stejná řešení, jen je jich dosaženo odlišně. Popisovat všechny tyto technologie, které se liší v provedení jen v malých detailech, by bylo téměř nemožné. Jde například o 3D displeje, jejichž výrobců na trhu existuje obrovské množství. Ale princip těchto technologií zůstává vždy stejný. Z tohoto důvodu byl vybrán vždy pouze jeden zástupce a tento byl důkladně popsán.

3.2 Kategorizace

Kategorizace vznikala postupným formováním poté, co byla vybrána jednotlivá řešení prostorového zobrazování. Aby se daly jednotlivé kategorie vytvořit bylo zapotřebí sestavit taková hodnotící kritéria, která by jednotlivá technická řešení roztřídila. Proto byla sestavena následující tři kritéria.

Prvním kritériem je hodnoceno, zda pozorovatel potřebuje mít na sobě speciální zařízení, které teprve umožní vnímat zobrazení prostorově. Toto kritérium má své opodstatnění v pohodlí diváka, jelikož jsou tato zařízení často těžká a nepohodlná a omezují tím uživatele. Dalším důležitým aspektem je fakt, že tímto zařízením musí být vybaven každý divák, což zvyšuje celkovou cenu a může se stát limitujícím faktorem pro masivnější nasazení takovýchto technologií.

V některých případech (např. CAVE) může být obraz optimalizován pouze pro zobrazení do jednoho určitého bodu v prostoru. Tento bod je určen polohou očí nebo brýlí právě jednoho diváka a pro ostatní diváky je obraz špatně pozorovatelný nebo dokonce vůbec. Otázkou volnosti při sledování prostorového obrazu a množství diváků se podrobněji zabývají další hodnotící kritéria.

Druhé kritérium je dáno jako řešení, při kterých se divák může pohybovat volně okolo vzniklého 3D objektu aniž by ztratil tento obraz. Zde však musíme rozlišovat o jaký pohyb se ve skutečnosti může jednat. Zda jde o volný pohyb do rámce určitého úhlu nebo o celých 360°.

Třetí kritérium odráží zda je technologie volně přístupná. To znamená zda výsledný vytvořený prostorový obraz je či není ukryt v průhledné schránce a pozorovatel se tak může dostat do přímého kontaktu s vytvořeným 3D objektem. Toto kritérium od sebe odděluje technologie s podobným výsledným prostorovým zobrazením, ale svou technickou podstatou patří každá do jiné kategorie.

Na základě těchto třech kritérií byly jednotlivé technologie roztrženy. Jelikož již při hledání příslušných technologií se objevovala jejich různá členění, bylo výhodné některé z nich použít. Výsledkem byly tyto tři kategorie.

První kategorie se nazývá **Stereoskopie**. Jde o kategorii, která zahrnuje technologie založené na principu stereoskopického zobrazování. Tento název je po celém světě dobře známý a využíváný. To je hlavní důvod pro jeho převzetí a využití jako názvu pro celou tuto skupinu podobných technologií.

Druhá kategorii se jmenuje **Mechanické displeje a světelné body**. Tento pojem vznikl na základě skutečností, které dané technologie představují. Tyto technologie totiž nevyužívají stereoskopického zobrazování a zároveň nepaří ani do kategorie Holografie. Proto bylo nutné vytvořit jim odpovídající kategorii.

Třetí kategorie nese název **Holografie**. I zde jde o již ve světě velmi známý a uznávaný název. Proto bylo dobré jej využít pro název této kategorie. Spadají sem technologie založené na holografickém principu.

4 Přehled literatury

International Stereoscopic Union [online]. c1997-2009 [cit. 2009-02-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.isu3d.org/>>.

Oficiální webové stránky mezinárodní stereoskopické organizace, která sdružuje profesionály i amatéry z celého světa zajímajících se o stereoskopickou technologii.

Digital Learning Foundation : a recognised Scottish charity SCO36588 [online]. c2006 [cit. 2009-02-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.digitallearningfoundation.org/>>.

Oficiální webové stránky organizace Digital Learning Foundation, která pomáhá učitelům a studentům osvojovat si a integrovat nové technologie do procesu vyučování. Jsou zde k nalezení volné zdroje na tyto technologie.

GALI-3D [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-02-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/main/main.php>>.

Společnost *GALI-3D* zabývající se stereoskopickou technologií. Specializuje se na softwarová i hardwarová řešení pro stereoskopickou projekci.

ZHARKIY, Sergey. *Holography : virtual gallery* [online]. c2000-2008 [cit. 2009-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.holography.ru/maineng.htm>>.

Webové stránky o holografii, její technologii, využití apod.

Grafika On-line : denní zpravodajství ze světa grafiky, polygrafie a digitální fotografie [online]. Grafika Publishing, c2003 [cit. 2009-02-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.grafika.cz/>>. ISSN 1212 - 9569.

Internetový magazín o grafice, polygrafii a digitálních technologiích.

HoloCube : makes your product look different [online]. c2008 [cit. 2009-02-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.holocube.eu/>>.

Webové stránky pojednávající o projektu HoloCube.

3D And Interactive : 3D LED Full Colors Controlling Technology [online]. Jiangmen Seekway Technology, c2006-2009 [cit. 2009-02-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.seekway.com.cn/e/index.htm>>.

Webové stránky prodejce a výrobce patentované technologie Led Cube. Jsou zde k nalezení technické údaje a parametry této 3D zobrazovací technologie.

Toshiba Achieves Breakthrough in Flatbed 3-D Display : The Future is 3-D with Toshiba's New Imaging Technology [online]. Toshiba, c1995-2008 , 15 April, 2005 [cit. 2009-02-28]. Dostupný z WWW: <http://www.toshiba.co.jp/about/press/2005_04/pr1501.htm>.

Internetové stránky japonského výrobce elektrotechniky. Na těchto stránkách je popsána funkce 3D displejů.

Rendering for an Interactive 360° Light Field Display [online]. USC Institute for Creative Technologies, c2008 [cit. 2009-04-02]. Dostupný z WWW: <<http://gl.ict.usc.edu/>>.

Webové stránky firmy ICT Graphics Laboratory, která se zabývá výzkumem a výrobou 3D technologií.

Perspecta Display 1.9 [online]. Actuality Systems, c2005 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://actuality-medical.com/indexAS.html>>.

Webová prezentace firmy Actuality Systems zabývající se vývojem 3D technologií.

5 Teorie

Teorií samotnou se zabývám v příručce, která je k nalezení v přílohách této bakalářské práce (viz str. 21).

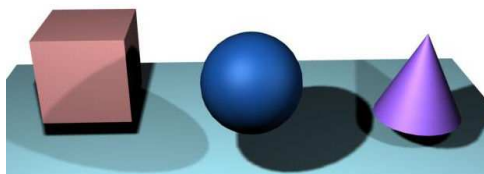
5.1 Vymezení pojmu prostorové zobrazování

Jedním ze dvou hlavních cílů této práce je objasnit pojem prostorové zobrazování a vytvořit pro něj definici, podle které by se dalo říci o určité technologii zda patří do prostorového zobrazování či nikoliv.

Když budeme pátrat po pojmu co to prostorové zobrazování je, moc se toho nedozvíme. Tento pojem se váže na další pojem, a tím je „trojrozměrný“. Vychází z anglické značky 3D (three-dimesional). To značí výšku, šířku a hloubku. Co si představit pod pojmy výška a šířka je vcelku snadné. Ale co pod hloubkou? Jakousi hloubku můžeme naznačit i na 2D scéně, ale to z ní prostorové zobrazení neučiní.



2D zobrazení [18]



2D zobrazení (stíny) [18]

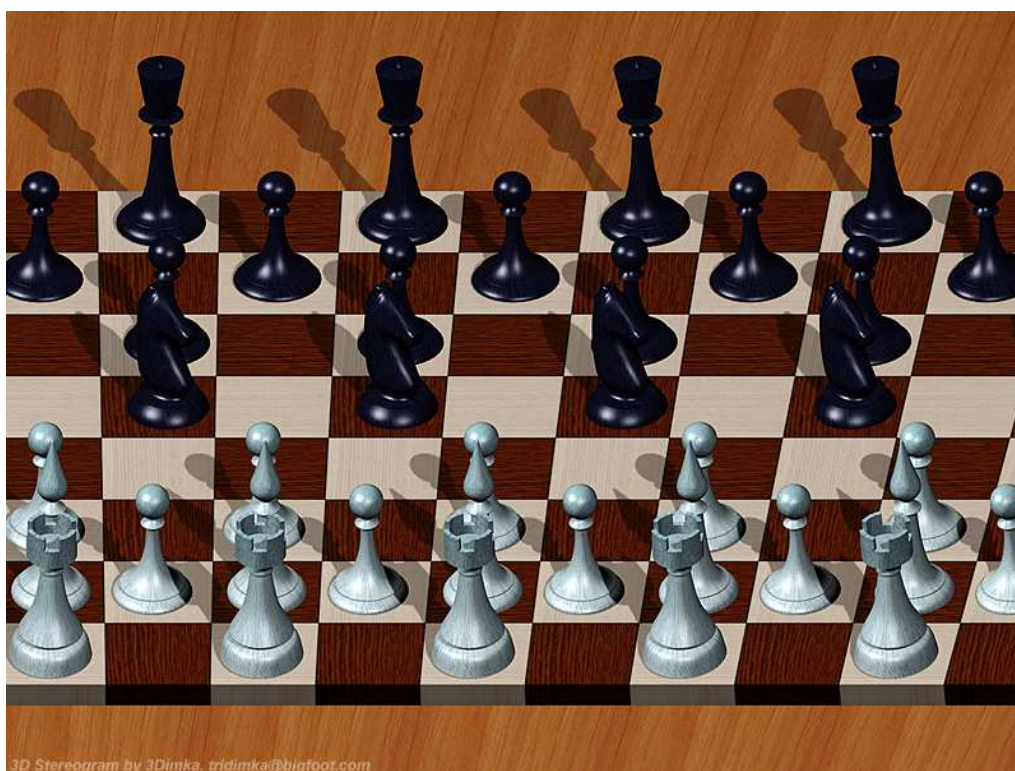
Jak je vidět na těchto dvou obrázcích, i po přidání stínů a podkladu se nikterak zobrazení obou neliší. Jde sice o 3D modely, ale postrádají hloubku. Tu sice lze na základě zkušeností odhadnout, ale nevytváří to dojem prostorového zobrazení. Hloubkou zde totiž míníme jako něco hmatatelného či změřitelného.

Pro názornost je uveden příklad. Když se díváte na jakýkoliv předmět, můžete odhadovat vzdálenost mezi ním a vámi. Toto lze i na obrázcích výše. Ale již nemůžeme měřit vzdálenost dalších předmětů (viz obrázek vpravo), které jsou za sledovaným objektem, což v reálném světě lze.



obrázek po přidání dalšího objektu [18]

Na obrázku níže již však je vzdálenost objektů patrná. Všimněte si provedení prostorového zobrazení věží na kraji autostereogramu.



obrázek autostereogramu (neboli 3D obrázek)

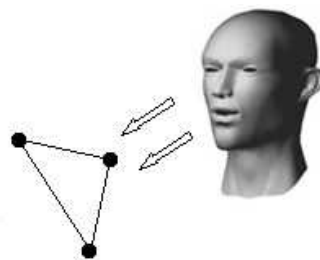
Pokud se na obrázek správně díváte, objeví se před vámi šachovnice s hmatatelnou hloubkou, která vám dává pocit, že do obrázku lze šáhnout či vstoupit. Důkaz lze snadno prezentovat pohybem kurzoru myši po obrázku. Ten se totiž jeví, jako by nad obrazem plaval, tedy je za ním ona hmatatelná hloubka.

Hmatatelnou hloubkou rozumíme stav, kdy pozorovatel nabývá dojmu, že vytvořený prostorový obraz se jeví stejně skutečně, jako když pozorujete svět okolo sebe. Pokud se díváte na nějaký objekt reálného světa je mezi vámi vždy určitá vzdálenost (menší či větší). Při prostorovém zobrazování jde o to, aby se obraz vytvořil jako samostatný objekt, který není slit se svým pozadím, ale naopak z něj vystupuje. Tedy, aby byla jasně znázorněná jeho plastičnost.

Hmatatelná hloubka či prostorovost je právě onou hloubkou třetího rozměru. Trojrozměrný obraz tedy tvoří tři veličiny. Těmi jsou výška a šířka obrazu, třetí a nejdůležitější veličinou je prostorovost neboli hmatatelná hloubka. Na základě těchto faktů je vytvořena tato definice.

„Prostorové zobrazení chápeme ve smyslu zobrazení, které dokáže představit prostorový model v podobě, kdy je patrná trojrozměrná struktura modelu.“

Tato definice není úplně optimální. Pro její doplnění zavedeme test. Představme si plošky různých tvarů a velikostí, které jsou uspořádány do trojúhelníka orientovaného kolmo k pozorovateli. Plošky jsou rozmístěny tak, že dvě jsou stejně vzdálené a třetí je od nich dál nebo blíže. Při testu musí být pozorovatel čelem k jednomu z rohů trojúhelníka, který vytyčují (viz obrázek vpravo). Pokud je pozorovatel schopen rozhodnout, zda je vrchol, který je na špičce trojúhelníka blíže nebo dále než zbývající dva, tak se jedná o prostorové zobrazování.



obrázek pozorovatele čelem k vrcholu trojúhelníka

Chtělo by se i říci, že by do definice mohla být zahrnuta věta, která říká, že vytvořený výsledný objekt by měl být viditelný z jakéhokoliv úhlu. To by však znamenalo vypustit z prostorového zobrazování stereoskopické technologie. To by bylo ovšem poněkud nešťastné řešení. Je totiž těžko proveditelné nahlížet z těchto úhlů na monitor, plátno či vytištěný obrázek. A přesto tyto technologie do prostorového zobrazování patří, i když je pozorovatel ochuzen o volný pohyb okolo zobrazeného objektu. Je to tím, že tyto technologie jsou založeny na principu 2D scény, kterou nám pomocí oklamání našeho mozku, převádí do prostorového zobrazování. Způsob, jakým je toho dosaženo, je popsán v samostatné příručce této práce. [18], [42]

6 Závěr

V této bakalářské práci bylo zpracováno téma prostorového zobrazování. Technologie prostorového zobrazování se začínají čím dál více začleňovat do našeho života. Dnes tyto technologie zahrnují v podstatě všechny obory lidské činnosti. Vědou počínaje a zábavním průmyslem či armádním využitím konče. Tato práce je vytvořena tak, aby Vám byly tyto technologie přiblíženy a popsány tak, aby bylo srozumitelné na jakém základě pracují.

Práce si kladla dva hlavní cíle. První cíl spočíval ve vysvětlení a analýze pojmu prostorové zobrazování. Na základě úvah a studia této problematiky, byla vytvořena definice, do které následně zapadají vybraná technická řešení prostorového zobrazování. Pomocí této definice byly dané technologie vybírány.

Druhý hlavní cíl této práce byl kategorizovat tato technická řešení do ucelených kategorií. V tomto okamžiku se uplatnila sestavená kritéria na jejichž základě byla poté sestavna kategorizace technologií prostorového zobrazování. Výsledkem kategorizace jsou tři samostatné kategorie, které nesou názvy **Stereoskopie, Mechanické displeje a světelné body, Holografie**. V každé kategorii jsou popsána jednotlivá technická řešení technologií prostorového zobrazování. Tyto popisy je možno nalézt v přílohách této práce (viz str. 21), kde jsou následně systematicky rozčleněny dle návaznosti jednotlivých aspektů. Tím byl splněn druhý hlavní cíl, který je vytyčený v této bakalářské práci.

Největším problémem při psaní této bakalářské práce bylo najít odpovídající technická řešení prostorového zobrazování. Informace, které se nacházely na internetu, nebyly leckdy dostačující či byly jen útržkovité. Právě nízká dostupnost těchto materiálů byla pohnutkou k vytvoření webových stránek. Tím je naplněna praktická část této bakalářské práce a splňuje její zadání.

Na těchto internetových stránkách jsou k nalezení všechna zde popisovaná technologická řešení. Roztříděny jsou do již zmiňovaných třech kategorií. Snad tyto stránky pomohou ostatním lidem, kteří se touto danou problematikou zabývají. A také ulehčí jejich hledání, které se zdálo místy téměř nekonečné.

Zde je uvedena úplná adresa na tyto vytvořené webové stránky.

<http://prostorove-zobrazovani.ic.cz>

7 Přílohy

Příručka technologií prostorového zobrazování

Výsledek bakalářské práce

vypracoval : Michal Šikýř

Obsah

1	ÚVOD.....	23
2	STEREOSKOPIE	24
2.1	DEFINICE	24
2.1.1	<i>Pasivní Stereoskopie</i>	<i>25</i>
2.1.2	<i>Aktivní Stereoskopie</i>	<i>25</i>
2.2	TECHNOLOGIE	26
2.2.1	<i>Stereogramy</i>	<i>26</i>
2.2.2	<i>Autostereoskopické monitory</i>	<i>35</i>
2.2.3	<i>Helmy</i>	<i>36</i>
3	MECHANICKÉ DISPLEJE A SVĚTELNÉ BODY.....	38
3.1	DEFINICE	38
3.2	TECHNOLOGIE	39
3.2.1	<i>HoloCube</i>	<i>39</i>
3.2.2	<i>Led Cube</i>	<i>40</i>
3.2.3	<i>3D flat display</i>	<i>41</i>
3.2.4	<i>Light Field Display</i>	<i>42</i>
3.2.5	<i>Perspecta.....</i>	<i>45</i>
4	HOLOGRAFIE	46
4.1	DEFINICE	46
4.2	TECHNOLOGIE	47
4.2.1	<i>Reflexní hologram</i>	<i>47</i>
4.2.2	<i>Transmisní hologram</i>	<i>50</i>
4.2.3	<i>Typy hologramů</i>	<i>52</i>
5	SHRNUTÍ	54

1 Úvod

V dnešní době se na každém kroku setkáváme s prostorovým zobrazováním, ať už jde o reklamu, zábavu, průmysl či jako školní názornou pomůcku. Počítačová technika se vyvíjí obrovskou rychlostí a tak není divu, že s ní v ruku v ruce vznikají i nové technologie. Do této oblasti patří právě již zmiňované prostorové zobrazování.

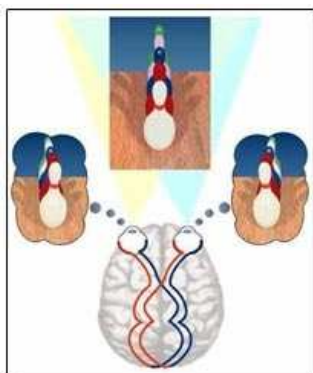
Úkolem této bakalářské práce je přiblížit, popsat a vysvětlit co pod tímto pojmem chápeme a jakých technologií se to týká. V této příručce jsou popisována vybraná technologická řešení prostorového zobrazování, jejich podstata a funkce. Tuto příručku je také možné nalézt na internetu v podobě e-learningového materiálu.

2 Stereoskopie

2.1 Definice

Mnoho věcí se dnes tváří tak, že umí zobrazovat v 3D. Jde především o softwarová řešení jako jsou 3D počítačové hry apod. Ve skutečnosti pořád na monitoru vidíme jen 2D obraz. Ve stereoskopii však jde skutečně o 3D projekci a je to jedna z technologií, která se 3D zobrazováním zabývá. Nezabývá se tedy jen dvěma rozměry (výška a šířka) jako například normální obyčejná kina, ale i třetím rozměrem – tedy hloubkou či prostorovostí.

V dnešní době se začíná hojně využívat stereoskopické vizualizace, která divákovi opravdu navozuje dojem, že sleduje obraz skutečně včetně hloubky. Generuje se dvojice oddělených obrazů, který divák sleduje oběma očima zároveň. Je nutné přitom dodržet několik zásad. Zdrojový film musí být natočen dvojicí kamer, jejichž vzdálenost přibližně simuluje rozteč lidských očí. Z toho vyplývá, že dvojice obrazů je obdobná jako kdyby se na scénu díval člověk. Dva obrazy se při projekci musejí dostat k divákovi tak, aby levý obraz vidělo pouze levé oko a pravé oko aby sledovalo zase pouze záběr z pravé kamery. Mozek následně vyhodnotí obraz správně prostorově a tedy plně trojrozměrně.



Obrázek 1: ukazuje jak lidský mozek vnímá s pomocí očí scénu (kuželky) [1]

Ve skutečnosti člověk nezíská pouze jeden obraz, ale dva - každým okem trochu jiný. Z odchylek obou obrazů mozek získává pojem o prostoru. Tohoto principu využívá stereoskopie, která podstrčí divákovi do očí připravenou scénu, kterou mozek díky správně nastaveným obrazům (filmům) může vnímat rovněž plně trojrozměrně. [1]

2.1.1 Pasivní Stereoskopie

Pasivní stereoskopie se tak nazývá proto, že k vyobrazení prostorového obrazu využívá pasivní brýle. Ty využívají různých filtrů aby oddělily pravý a levý obraz pro každé oko. Jedná se o polarizaci světla nebo filtraci barevného spektra. K projekci je nutné vlastnit 2 projektory, speciální plátno a pasivní brýle. [2]

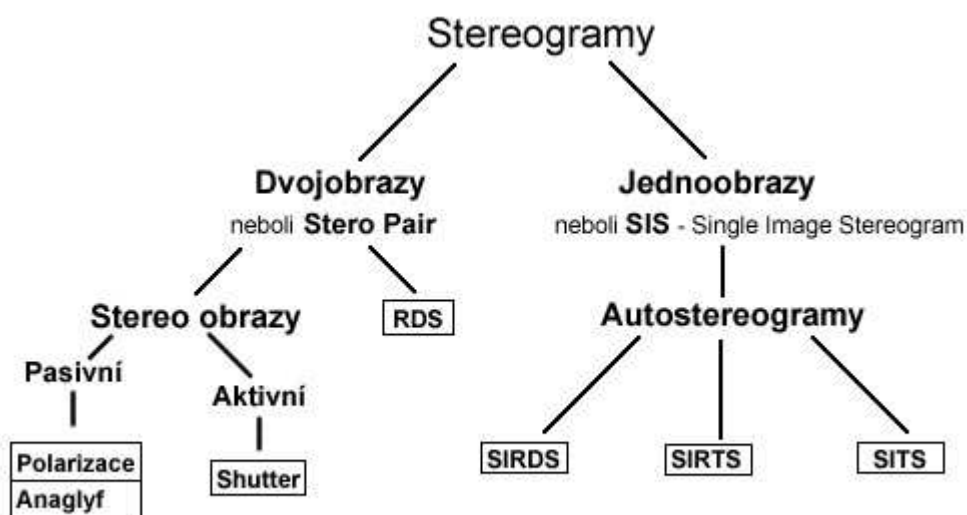
2.1.2 Aktivní Stereoskopie

Aktivní stereoskopie se liší od pasivní v tom, že využívá jen jeden projektor a místo pasivních brýlí aktivní. Další velký rozdíl je v tom, že místo plátna můžeme využít i jiné výstupy – monitor, televizor. [3]

2.2 Technologie

2.2.1 Stereogramy

Stereogramy jsou obrázky, které nám navozují dojem 3D pohledu. Je to vizuální klam hloubky vytvořené z 2D obrazu. Stereogramy jsou jakékoliv stereoskopické obrazy. Dělíme je na jednoobrazové a dvojobrazové (složené obrazy). [7], [8]



obrázek 2: dělení stereogramů [8]

2.2.1.1 Stereo obrazy

Jde o obrazy složené ze dvou mírně odlišných podkladů (na rozdíl od RDS), které mohou být doplněny o určitou informaci (polarizační a barevné filtry). K pozorování prostorového zobrazení je nutné mít na sobě speciální brýle. [2], [3], [4], [8]

2.2.1.1.1 Shutter

Diváci sledují obraz, který se promítá s dvojnásobnou snímkovací frekvencí. Na filmovém pásu jsou přitom střídavě proloženy obrazy pro levé a pravé oko. Divák má na sobě elektronické brýle – *Shutter Glasses* (většinou jsou propojeny se zdrojem signálu pomocí IrDA paprsku, Bluetooth či kablíkem). Brýle jsou synchronizovány se zdrojem vysílání a střídavě zatmívají levé nebo pravé oko.

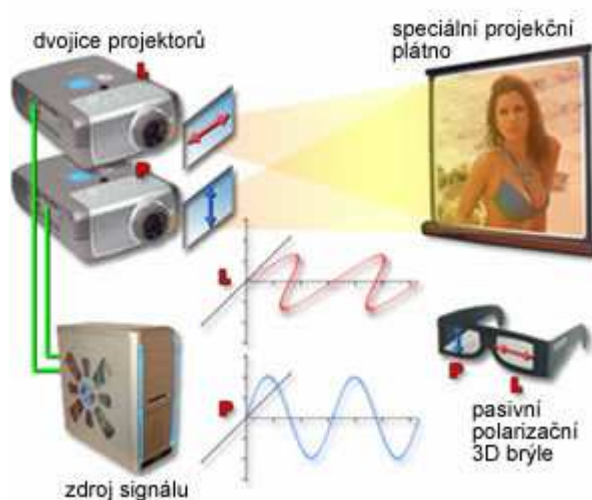


obrázek 3: aktivní stereoskopie [3]

Tím dochází k tomu, že každý lichý snímek vidí návštěvník kinosálu jedním okem a každý sudý okem druhým. Mozek poté následně poskládá dvojice oddělených snímků a my dostáváme dojem, že pozorujeme skutečnou trojrozměrnou scénu. Mezi výhody patří to, že k této projekci není potřeba žádného speciálního projekčního plátna nebo monitoru, stačí úplně obyčejné plátno nebo CRT monitor, nikoliv však LCD monitor. Nevýhodou potom jsou již zmíněné elektronické brýle a nevhodnost promítání pro velkou skupinu diváků. [3]

2.2.1.1.2 Polarizace

Polarizace je pasivní metoda stereoskopie, která využívá polarizační filtry k oddělení pravého a levého obrazu dopadajícího plochu. K promítání jsou zapotřebí dva projektory, které jsou opatřeny již zmíněnými filtry. Každý potom promítá obraz na stejnou plochu, kterou zde reprezentuje speciální plátno (zachovává polarizaci světla). Nastavení filtrů na projektoru je totožné s nastavením filtrů na brýlích. Výsledný odražený obraz se dostává k divákovi, ale do každé očníce pronikne jen jeden obraz díky brýlím s patřičnými filtry.



obrázek 4: pasivní stereoskopie využívající polarizační filtry [2]

Toto řešení vyniká svou jednoduchostí, dále je vhodné pro velká promítací kina. Nevýhodou je nutnost dvou projektorů a speciálního projekčního plátna. [2]

2.2.1.1.3 Anaglyf

Anaglyf patří mezi pasivní stereoskopické zobrazování. Pasivní proto, jelikož divák má na sobě pasivní anaglyfické brýle. Tato technologie je dnes jednou z nejvíce používaných metod pro 3D stereoskopické zobrazení. Důvodem je snadné a levné vytvoření projekce, ke které nám stačí brýle s barevnými sklíčky (ať již ze skla nebo plastu). Každé sklíčko představuje jeden filtr a to červený pro jedno oko a pro druhé buď modrý (dnes častější) nebo zelený. Nepsaným pravidlem je, že červený filtr je na levé straně brýlí a modrý/zelený na pravé.



obrázek 5: anaglyfické brýle s klasickým rozpořením filtrů [43]

Existují však i jiná rozpoření filtrů a také se liší materiál z kterého jsou brýle vyrobeny (papír nebo plast).

Výsledná sledovaná 3D scéna je vyrobena tak, že obsahuje smíchané dva stereo obrazy v sobě. Například u fotografií taková kompozice vzniká tak, že se stejný objekt nafotí dvakrát a to s rozdílným úhlem pohledu, většinou se jedná o úhel 45-60 stupňů, a to buď na stativu s úhloměrem a nebo speciálním

duálním stereoskopickým objektivem. Poté se v programu tomu určeným tyto obrázky smíchají a jsou obohaceny o červenou a modrou/zelenou filtrovanou složku. Pak je teprve možné pomocí anaglyfických brýlí tento obrázek sledovat. Divák dostává do každého oka více či méně (díky příslušným barevným filtrům) separátní obraz. Mozek poté na tomto základě vygeneruje z těchto obrazů 3D scénu.

Velkou výhodou této metody je její snadná a levná dostupnost. Tato přednost je však bohužel vyvážena ztrátou barevných informací. Situace je o to komplikovanější, že divák vidí scénu každým okem zcela barevně jinak (jedním okem červeně a druhým modře nebo zeleně). Mozek diváka se sice tyto ruchy snaží co nejvíce eliminovat, ale vjem nikdy není tak kvalitní jako u jiných typů 3D projekcí.

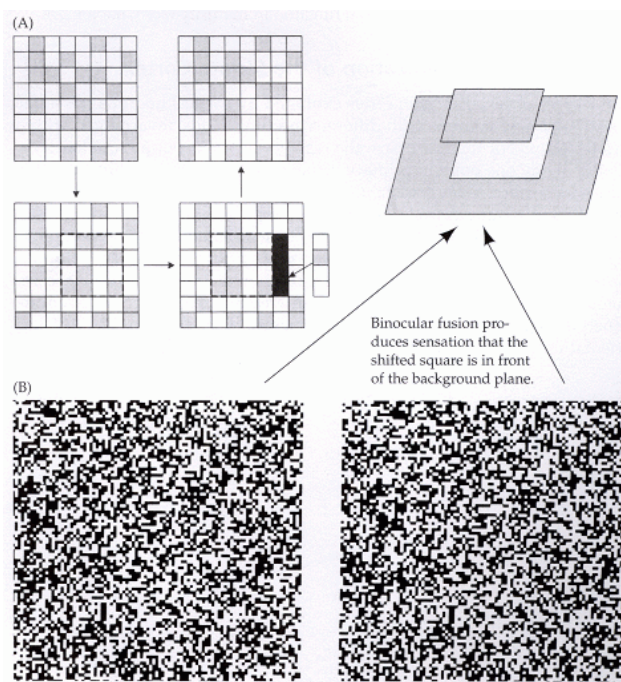
Výhodou anaglyfů však je snadné šíření 3D záznamu, které lze jak tisknout např. do časopisů, knih, nebo nahrávat na běžné videokazety, přehrávat bez speciálních programů v PC nebo promítat na běžném projektoru. S využitím barevných filtrů se odděluje z jedné smíchané scény dvojice obrazů. Scéna je barevně deformována, nicméně vjem plastičnosti je patrný. [4], [5]



obrázek 6: složený stereo obraz [4]

2.2.1.2 RDS

Random Dot Stereogram neboli náhodný bodový stereogram. Skládá se ze dvou obrazů (druhý obraz je vytvořen okopírováním prvního), každý pro jedno oko. Oba dílčí obrazy jsou tvořeny jen z náhodných teček.



obrázek 7: konstrukce RDS [9]

(A) Konstrukce RDS spočívá ve vytvoření náhodné bodové struktury, tak aby byla pozorována jedním okem. Vyznačíme podnět pro první oko. Podnět pro druhé oko je vytvořený kopírováním prvního obrazu tak, že jej vodorovně přemístíme a potom doplníme vzniklou mezeru náhodným vzorkem teček.

(B) Pravý a levý obraz pozorovatel vidí současně, ale nezávisle dvěma očima (použitím stereoskopu). Díky posunutí se podnět ve výsledném obrazu zobrazuje nad plochou a dává dojem prostorovosti. [8], [9]

2.2.1.3 Autostereogramy

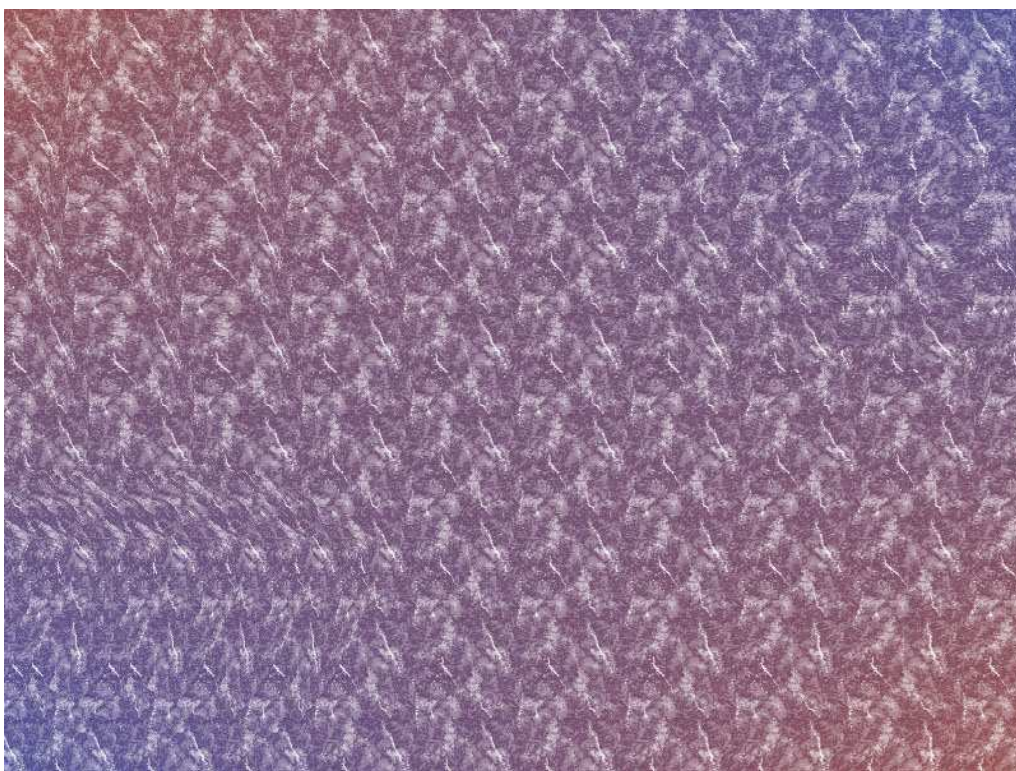
Autostereogramům se říká SIS (Single Image Stereogram), z názvu je patrné, že jde o jednoobrazové stereogramy. Dnes se tvoří pomocí počítače (dříve pomocí složitých kreseb), který generuje obraz pomocí speciálního programu. Autostereogramy jsou nástupci RDS. Sjednocují dva obrazy do jednoho a díky tomu není potřeba žádných externích zařízení.

Při normálním pohledu, např. když se díváme na stránku s textem, tak se obě oči dívají na úplně stejné místo. Na této ploché stránce se díváme na stejný podnět a z tohoto důvodu náš mozek předpokládá, že stránka je ve skutečnosti opravdu plochá.

Autostereogram je v podstatě vytvořený ze vzoru, který se opakuje napříč šíří celé stránky. Když odchýlíme oči k obrazu tak, že se každé oko dívá na přílehlá opakování vzoru, nechá se náš mozek zmást, aby věřil, že se obě oči dívají na jednu a tu samou věc. V tomto bodě mozek předpokládá, že odlišné obrazy vycházejí z pohledu na trojrozměrný objekt a tuto formu okamžitě také vyvolává. [10]

2.2.1.3.1 SARDS

SARDS (Single Image Random Dot Stereogram) neboli jednoobrazový náhodný bodový stereogram. Je to typ optického klamu, který využívá způsobu práce mozku tak, aby zprostředkoval prostorovou informaci ze stereoskopického snímku.



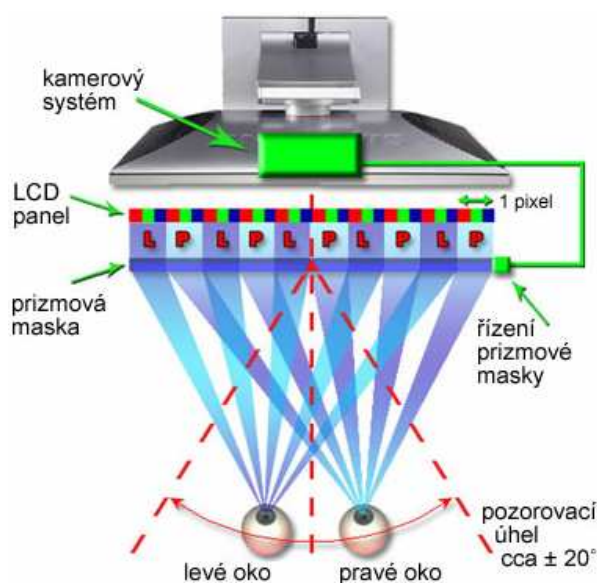
obrázek 8:Single Image Random Dot Stereogram [7]

Důležitý předpoklad pro tuto metodu je, že pozorovatel se musí na obraz dívat oběma očima. Pokud se na obraz budeme koukat jen jedním okem (druhé bude zavřené nebo překryté neprůhledným materiálem), neuvidíme nic, respektive uvidíme jen obyčejný 2D obraz složený z náhodných bodů. Potvrzení tohoto pravidla je velmi jednoduché. V době kdy již bude vidět v obrazu výsledný 3D efekt, zakryje se jedno oko a výsledný 3D efekt zmizí. [7], [11]

2.2.2 Autostereoskopické monitory

Autostereoskopické 3D monitory jsou monitory (především tedy LCD), u kterých není potřeba mít na sobě speciální brýle či jiná speciální zařízení. Tedy k 3D zobrazení dochází při pohledu na daný obraz. Jsou dvě možnosti jak toho docílit, buď se použije speciální folie před monitorem nebo holografická matrice, která je též umístěna před obrazovkou.

Před monitorem (jak již bylo zmíněno většinou LCD) je umístěna speciální fólie (prizmová maska nebo holografická matrice), která má za úkol lámat různé svislé pixelové sloupce vedle sebe vždy trochu jiným směrem. Některé monitory nabízejí dva směry. Z toho vyplývá, že každý lichý pixelový sloupec je zlomen směrem jedním a každý sudý svislý sloupec pixelů směrem druhým. V takovém případě se do každého divákovy oka dostává oddělený obraz a mozek jej poté skládá v 3D scénu.



Obrázek 11: náčrt aktivního autostereoskopického monitoru [6]

U pasivních autostereoskopických monitorů musí být pozorovatel před obrazovkou v určité pozici, kterou představuje předem daný bod. Jakmile se pozorovatel vychýlí z této pozice, dochází ke ztrátě 3D vjemu.

Naopak je tomu u aktivních autostereoskopických monitorů. Zde pozorovatel nemá předem stanovenou pozici. Je tomu díky kameře, která sleduje jeho oči (v jiné variantě čelenku na hlavě uživatele). Ta poté na tomto základě upravuje masku nebo matici před monitorem, tak aby i při výrazném pohybu hlavy nedocházelo k porušení 3D obrazu. Existují však i další varianty až s devíti směry, které se používají pro větší počet diváků. [6]

2.2.3 Helmy

Tato technologie se nazývá HMD (Head-mounted Display). Pracují na principu 2D a 3D, budeme se zde zabývat 3D HMD. Ty jsou založeny na technologii stereoskopie. Dříve se HMD používaly dva CRT displeje, v dnešní době jsou to především LCD displeje. Mají výhodu oproti CRT v tom, že jsou lehčí a levnější, naopak ale mají horší kvalitu obrazu. Na druhou stranu váha u HMD je velmi důležitá, čím lehčí helma je, tím lépe pro uživatele. S vývojem 3D displejů se u HMD helem začal objevovat namísto dvou displejů jen jeden. Funguje to tak, že uživatel má helmu na sobě a dívá se na obraz, pokud pootočí hlavou a zůstala by scéna, na kterou se dívá, stejná, tak by to kazilo dojem volnosti. Princip je totožný jako u Autostereoskopických aktivních monitorů. Tedy řešením je kamera, která snímá pohyb očí a podle toho se výsledná scéna natáčí. Zatím je ale tento princip velice drahý.

Hlavním měřítkem HMD helem je to, jaký mají FOV (zorné pole). Většina dnes dostupných helem dosahuje 100% zorného pole člověka.

Helmy mají v sobě často zabudovaná sluchátka, která reprodukuje prostorový zvuk, aby byla iluze dokonalá. Tyto helmy se využívají především jako prostředky pro vstup do Virtuální reality. Existuje k nim řada dalších zařízení, které podporují výsledný vjem, jako speciální hmatové rukavice či vibrační páky. Ale to je téma pro jinou bakalářskou práci. Využití však najdeme i ve stereoskopickém promítání v sálech či domácích projekcích, kde HMD nahrazuje projektor s plátnem. [12], [13]



obrázek 12: HMD helma [46]

3 Mechanické displeje a světelné body

3.1 Definice

Tato kategorie je svým způsobem zvláštní. Jde zde především o technologie založené na displeji. Displej sám o sobě může již zobrazovat 3D obraz, jak je tomu dnes u velkého množství televizí a monitorů. Pro dívání se na 3D obraz není potřeba žádných speciálních stereoskopických brýlí nebo helem.

Další metodou, která se zakládá na použití displeje je řešení, kdy se tento oboustranný displej roztáčí do vysokých otáček a využívá funkce lidského oka a mozku. Jde o to, že když se díváme na daný objekt, ve chvíli kdy odvrátíme zrak na jiný objekt, obraz původního objektu nám zůstane ještě velmi krátkou dobu vryt do paměti. I tato krátká doba stačí k tomu, aby se obraz postupně, jak se displej otáčí, skládal a tím dostáváme dojem, že objekt je 3D.

Podobnou metodou je taktéž použití displeje s holografickým povlakem, na který promítá obraz vysokorychlostní projektor. Tím jak se displej velmi rychle otáčí vzniká obraz, velmi podobný hologramu. Avšak o hologram se v této ani v předešlé technologii opravdu nejedná. Hologram je chápán jako vytvoření 3D obrazu pomocí laseru nebo jiného světla, který jím prochází. Navíc princip hologramu je, že se nenachází uvnitř žádných průhledných kopulí nebo kostek, ale nachází se ve volném prostoru, do kterého může pozorovatel zasahovat. Toto jsou hlavní rozdíly mezi hologramy a touto speciální kategorií. Existují však dnes už i takové technologie, které nejsou uzavřeny v žádných objektech, avšak i jejich samotní výrobci uvádějí, že se o hologram nejedná. Navíc nejsou tyto technologie ani 3D, jedná se jen o plochu rozvířeného upraveného vzduchu, do kterého je pomocí laseru promítán 2D obraz.

Poslední metodou v této kategorii jsou světelné body. Pokud těchto bodů rozmístíme veliké množství a uskupíme je do nějakého tvaru, tím jak budou na

sobě nezávisle svítit či blikat, utvoří viditelný 3D obraz. [17], [19], [20], [23]

3.2 Technologie

3.2.1 HoloCube

HoloCube představuje plně integrovanou 3D projekční platformu, která umožňuje promítat 3D obraz v rozlišení až 1080i (Zobrazovací mód standardu HDTV při kterém je obraz rozdělen na 1080 vertikálních linek. Písmenko “i” značí slovo *interlaced*, neboli “prokládaně”. Rozlišení obrazu je 1920×1080 pixelů a poměr stran 16:9), disponuje zabudovaným diskem o kapacitě 40 GB, který je dostatečný na uložení 18 hodin 3D videa. Rozměry HoloCube jsou přibližně $50 \times 50 \times 50$ cm.

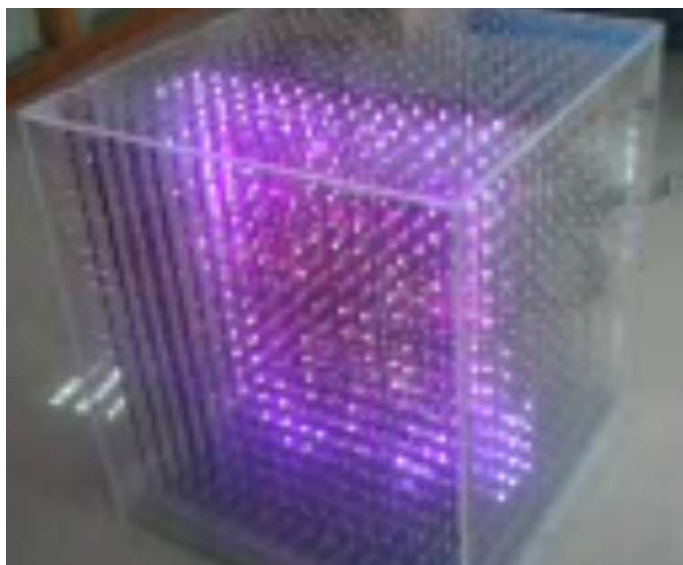
Základem celého zařízení je miniaturní displej, na kterém je zobrazován výsledný promítaný obrazec. Jeho přenesení na projekční plochu zabezpečuje laser, který využívá jev difrakce světla a formuje tak výsledný obrazec. Výrobce však z důvodů sobě vlastních neuvádí o technologii příliš mnoho informací. Zatím je HoloCube stále ve vývoji, ale výrobce ho již používá jako reklamní poutač pro firemní produkty. Nevýhodou je, že se na HoloCube lze dívat jen zepředu a zezadu, pohled shora a ze stran nám znemožňuje plastový kryt. [14], [15], [16]



Obrázek 13: HoloCube [14]

3.2.2 Led Cube

Technologie založená na velkém množství LED diod zapojených pohromadě v prosklené čtvercové vitríně. Tato technologie má dvě části, zobrazovací a řídicí. Zobrazovací část tvoří Led diody, které zobrazují 3D mříž o parametrech 16x16x16, což je 1048 Led diod (Dnes už není výjimkou ani zapojení 48x48x48 a 110 592 použitých LED diod). Diody podporují RGB spektrum s jasem a kontrastem. Rychlost přepínání obrazu je 15-30 snímků za vteřinu. Řídicí část tvoří ovládací panel s programovatelným procesorem, který ovládá diody.

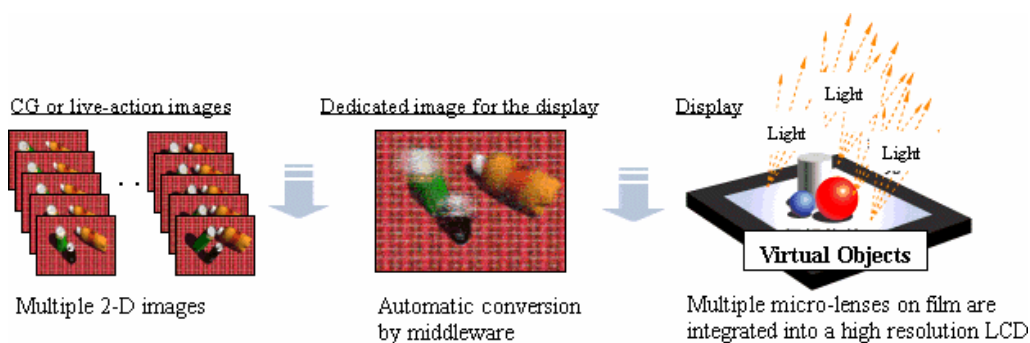


obrázek 14: Led Cube [17]

Její účel je, že Generuje 3D efekty podle real - time zvukových signálů. Další využití je v reklamě, kde zobrazuje loga, texty a vzory firem nebo výrobků. [17]

3.2.3 3D flat display

Displej se skládá z mikročoček, které ovládají směr vyzařování světla. Využívá se integrálního systému rozpoznávání obrazu, které reprodukuje světelné paprsky jako je tomu u skutečných objektů, na které se díváme. Tato technologie překonává hlavní problém plochých displejů, a tou je vzdálenost. Rozdíl vzdálenosti oka od středu displeje a oka k rohům a okrajům je větší pro plochý displej, než pro standardní svislé displeje. Pro hledání reprodukce přírodních 3D obrazů na plochem displeji byl vyvinut speciální proprietární software, který umožňuje zobrazit až 16 objektů najednou. Ať už jde o počítačem vytvořené obrazy nebo o skutečné předlohy. Kombinace pokročilých technologií dosahuje plně 3D efektu při pohledu v úhlu do 30° nachýleném od středu obrazovky a do vzdálenosti 30cm. Přirozenost vysílaného obrazu dovoluje dlouhé prohlížení aniž by nás z něj bolely oči, jak je tomu například u počítačových monitorů.



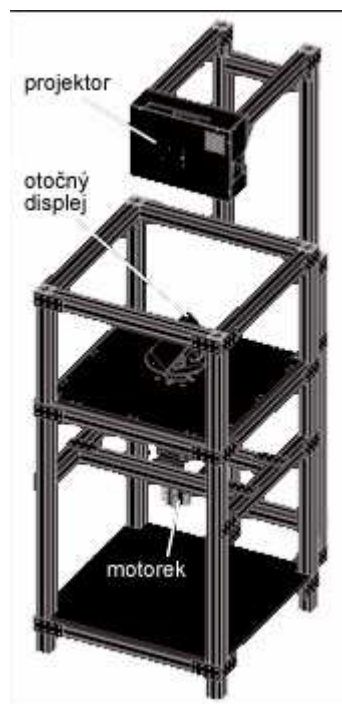
obrázek 15: skládání vzorových obrázků pro výsledný efekt [19]

Výsledný reprodukováný obraz vychází z displeje a končí lehce nad ním, přesto se zdá, jakoby obraz vystupoval daleko nad displej. [19]

3.2.4 Light Field Display

Jde o levnou 3D zobrazovací soustavu s tvarovým činitelem, který nabízí řadu výhod pro reprezentaci 3D objektů v prostorovém zobrazování. Použitý displej je autostereoskopický, tedy nevyžaduje žádná další externí zařízení pro zhotovení 3D scény. Dále je Všesměrový, což znamená, že je vhodný pro použití u velkých skupin diváků a také interaktivní (může aktualizovat obsah).

Princip spočívá ve využití vysokorychlostního otočného displeje. Jak se displej otáčí, odráží přesný obraz každému potenciálnímu divákovi. Na zmíněný obraz se dá dívat z jakékoliv perspektivy, kromě pohledů ze zdola (zakryto podkladem) a ze shora (tady je vidět jen rotující displej a velkou část tohoto zorného pole zabírá projektor).



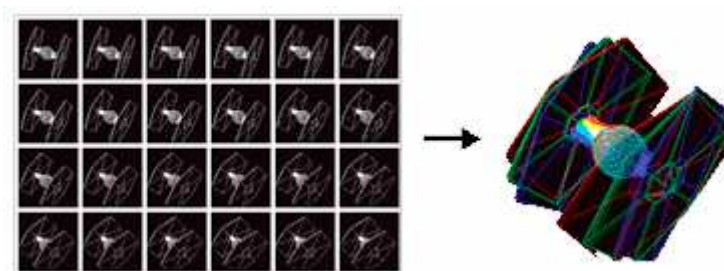
obrázek 16: Light Field Display [20]

Zatímco ploché elektronické displeje představují majoritní uživatelskou praxi, je důležité si uvědomit, že rovinné plochy představují jen malou část našeho fyzického světa. Náš skutečný svět je tvořen z objektů, které jsou trojrozměrné. Další generace displejů začínají zobrazovat fyzický svět kolem nás, ale tento postup nemá šanci pokud budou uživatelé limitováni nošením speciálních zařízení nebo malými sledovacími plochami.

Tato technologie prezentuje interaktivní 3D grafiku divákům a to 360° kolem displeje. Displej je vytvořen z vysokorychlostního otočného zrcadla krytý holografickým rozptylovačem. Displej využívá standardní

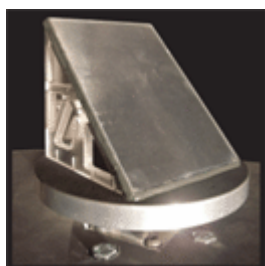
programovatelnou grafickou kartu, která může poskytnout přes 5000 obrazů (za vteřinu) interaktivní 3D grafiky.

Vysokorychlostní videoprojekce je modifikována na základě použití nové DLP karty s naprogramovaným FPGA (programovatelný obvod nejobecnější struktury) schématem. Poté projektor dekóduje standardní DVI signál z grafické karty. Namísto překladu barevného obrazu, projektor bere každý 24bitový barevný rámec videa a zobrazuje každý kousek tak, aby následně rámy oddělil. Čili, jestliže přicházející digitální videosignál je 60Hz, projektor zobrazí $60 \times 24 = 1440$ snímků za sekundu. Pro dosažení rychlejších sazeb je video adaptér nastaven na 200Hz a výš. V 200Hz projektor zobrazuje 4800 dvojitých snímků za sekundu.



obrázek 17: 24 černobílých obrazů dekódovaných do jednoho 24-bitového obrazu [20]

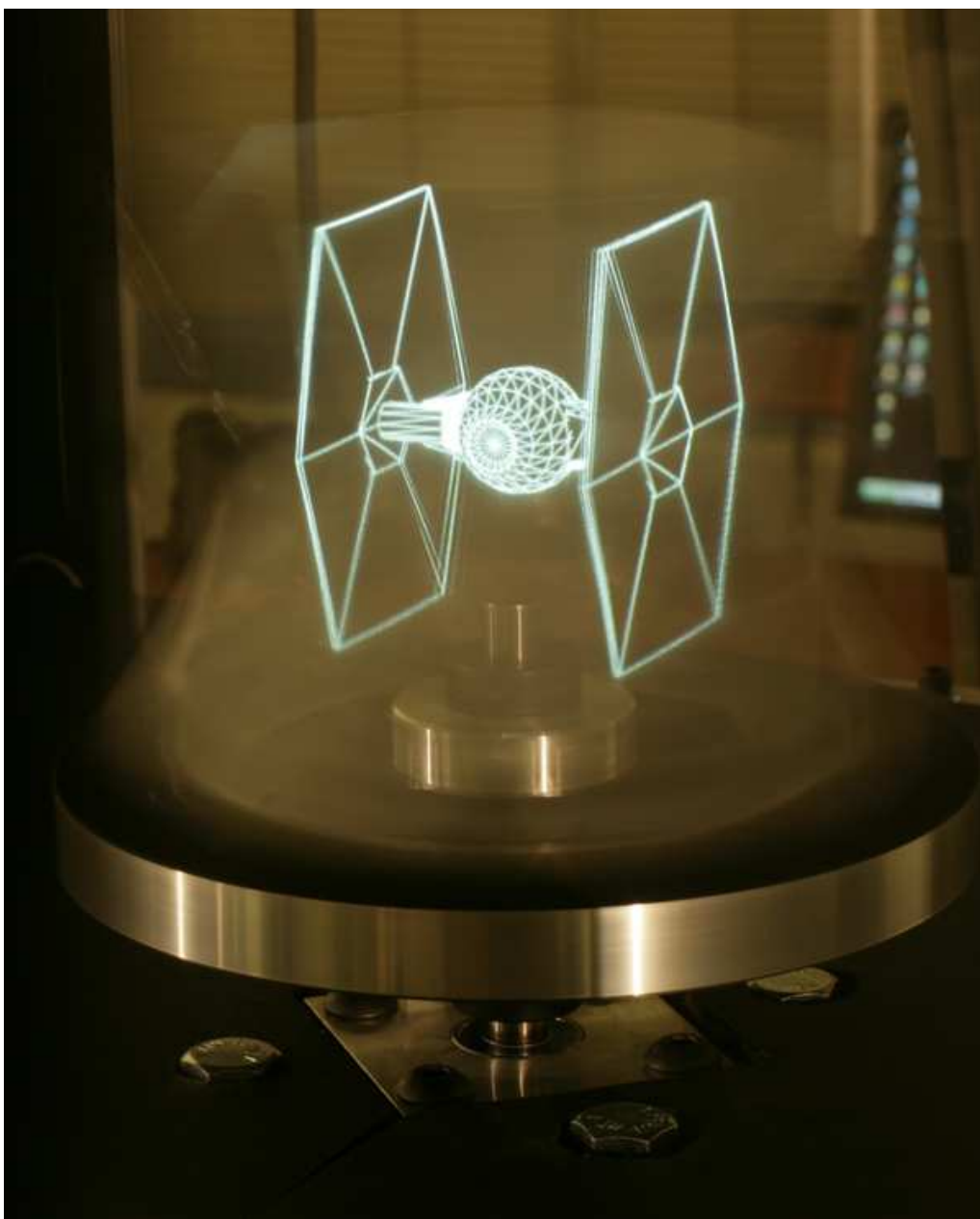
Dřívější displeje využívaly točící se rovinu k rozptýlení světla do všech směrů, který ale nemohl obnovit účinek příslušného pohledu. Místo toho se zde využívá anizotropního holografického rozptylovače připojeného na povrch



zrcadla. FPGA projektoru dekóduje aktuální obnovovací kmitočet a rozhraní přímo do hnacího motoru. Jakmile se dosáhne otočení zrcadla 20x za sekundu přetrvávající vize vytváří iluzi plovoucího objektu ve středu zařízení.

Obrázek 18: Displej na otočném válci [20]

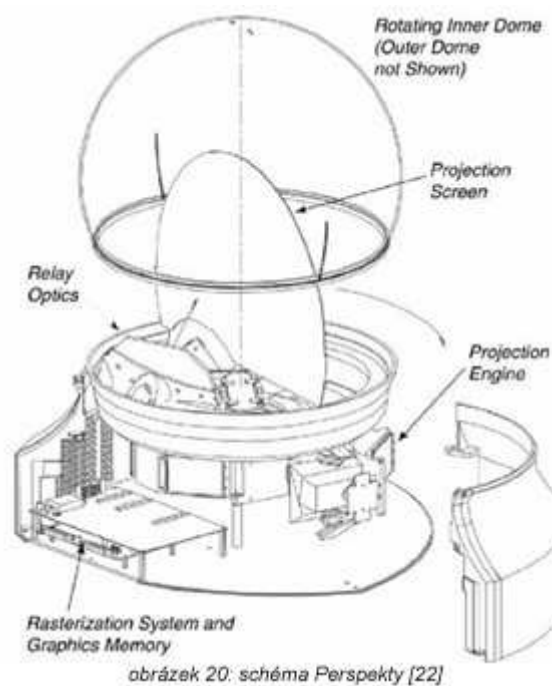
Jedinou nevýhodou této technologie je, že obraz je jednobarevný. [20]



obrázek 19: Light Field Display v provozu [20]

3.2.5 Perspecta

Perspecta je skutečné trojrozměrné zobrazující zařízení, které dovoluje uživateli se dívat na pohyblivé objekty z jakéhokoliv viditelného úhlu (360° horizontálně, 270° vertikálně). Kolem obrazu se dá obcházet a to dává pocit, že sledujete skutečný 3D objekt.



obrázek 20: schéma Perspekty [22]

Perspecta je sestavena z kulaté průhledné obrazovky vyrobené z polymeru. Ta se nachází na krabici obsahující software, hardware a optickou soustavu. Pohyblivá obrazová sekvence, která zdánlivě pluje uvnitř kulaté struktury je



obrázek 21: Perspecta [47]

vygenerována pomocí plátek 2D obrazů, které díky rotaci vytvářejí iluzi skutečného 3D modelu. Ty jsou tvořeny na otočném difúzním stínítku, které dosahuje 900 otáček a výsledek je až 6000 snímků za vteřinu.

Rozměry tohoto zařízení :

48" vysoký x 31" široký x 22.25" hluboký.

Rozlišení obrazu je 768 x 768 pixelů.

Výhodou této technologie oproti Light Field Display je, že obraz je barevný. [21], [22]

4 Holografie

4.1 Definice

Holografie (z řec. *holos* – úplný) je moderní metoda, kterou lze pomocí dvojrozměrného nosiče obrazového záznamu (emulze na skle, filmu, popř. plastové fólie) zobrazit trojrozměrné objekty. Počátky vývoje sahají do poloviny 20. století. Ale až s vynalezením laseru se Holografie začíná více rozvíjet. Podstatou holografie je tzv. vícesvazková interference koherentních světelných vlnění, odražených od zobrazovaného objektu. Záznam předmětu v citlivé vrstvě fotografického filmu se nazývá **hologram** a nese informaci nejen o intenzitě, ale i o fázi světla odraženého od zaznamenávaného předmětu. Na základě těchto informací obsažených v hologramu lze rekonstruovat prostorový obraz předmětu. [23]

Holografie je způsob optického zobrazování, založený na interferenci a ohybu světelných svazků. Svazek monochromatického koherentního světla odražený od předmětu se skládá s pomocným svazkem stejných vlastností v rovině fotografické desky. Snímek (**hologram**) osvětlený původním pomocným svazkem působí jako ohybová mřížka a pozorovatel v propuštěném nebo odraženém světle vidí trojrozměrný obraz původního předmětu. [24]

Z první i druhé definice je jasné, že holografie je technologií založenou na laseru a následném ohybu světla. Výhodou tohoto řešení je, že zobrazovaný objekt není uzavřen v žádné průhledné vitríně a tudíž pozorovatel může do obrazu sáhnout. Na vyvolaný výsledný obraz se divák může dívat z jakékoliv možného úhlu.

4.2 Technologie

Jak byla holografie postupně rozvíjena, došlo k rozdělení podle způsobu jejich záznamu. Na tomto základě rozlišujeme dva typy hologramů, a to reflexní a transmisní.

4.2.1 Reflexní hologram

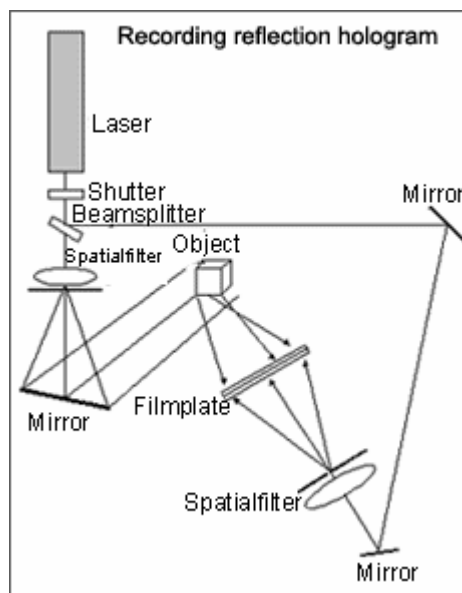
Reflexní hologramy jsou takové hologramy, které jsou zobrazovány světelným zdrojem na stejné straně jako je pozorovatel. Tento druh hologramu najdeme nejčastěji v galeriích. Výsledný 3D obraz je zobrazen blízko povrchu hologramu. Pro zobrazení se tento typ osvětluje bílým světlem. Světlo je vrženo určitým úhlem i vzdáleností a výsledný hologram je umístěn na straně diváka. Takto vytvořený obraz se sestává z odrazu světla od hologramu. Tyto hologramy jsou barevné a vyvolávají opravdový dojem skutečného obrazu. Například : holografický obraz zrcadla odráží denní světlo nebo obraz diamantu oslňuje a září.

Mezi přednosti reflexních hologramů patří následující. Ve srovnání s transmisním hologramem je doba expozice obecně kratší a vede k méně přísným mechanickým podmínkám na stabilitu. Obraz je snadno viditelný pod zdrojem bodového světla či slunce, narozdíl od ostatních typů hologramů. Mají velké spektrum využití díky snadným zobrazovacím podmínkám. [25]

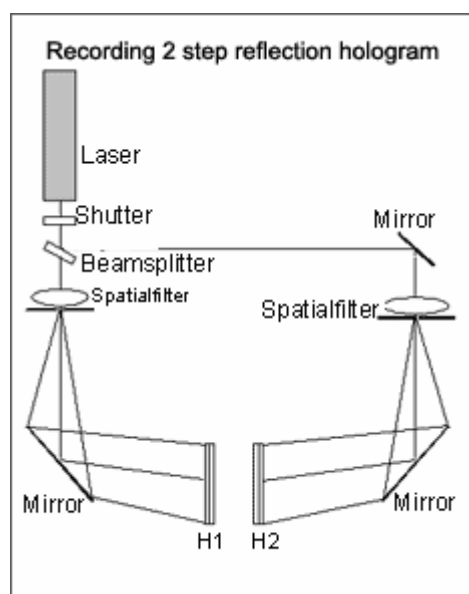
4.2.1.1 Způsob záznamu reflexního hologramu

Existují dva způsoby záznamu. První způsob záznamu reflexního hologramu je, že dva paprsky (objektový a referenční) osvětlují světlo-citlivou desku (Filmpate) na protilehlých stranách. Tyto dva paprsky koherentního světla cestují ve dvou směrech a navzájem se ovlivňují. Proužky v obrazu jsou formovány ve vrstvách a jsou víceméně rovnoběžné s povrchem emulze.

Reflexní hologram vybírá vhodnou skupinu vlnových délek k tomu, aby následný rekonstruovaný obraz byl vyvolán osvětlením vysoce orientovaného paprsku denního světla nebo reflektoru. Proces je ilustrován na obrázku 22.



obrázek 22: záznam hologramu (první způsob) [25]



obrázek 23: záznam hologramu (druhý způsob) [25]

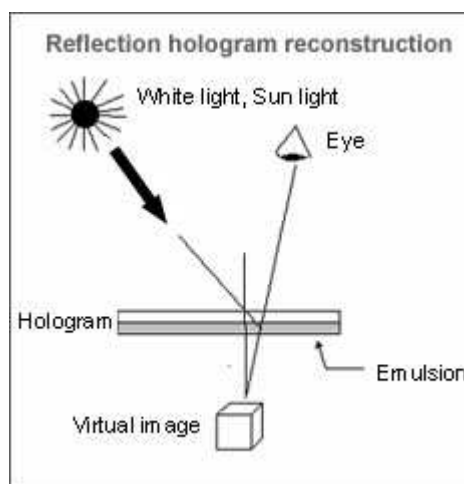
Druhý způsob záznamu je založen na podobné metodě jako je první, ale při této se používají dva transmisní hologramy. První hologram nazveme H1. Jde o hlavní hologram. Někdy se H1 používá pro vytvoření kopie druhého hologramu H2. Předpokladem je, že chceme vytvořit výsledný objekt tak, aby se jevil jednou polovinou před a druhou za záznamovou deskou. [25], [26]

4.2.1.2 Rekonstrukce reflexního hologramu

Přímý pohled na hologram nám nabízí spíše zklamání. Jde o to, že v něm nevidíme žádnou souvislost se zaznamenaným objektem a nelze poznat, co je na filmu zobrazeno. Obraz získáme teprve postupem, kterému se říká **rekonstrukce**.

Reflexní hologram je buď jednobarevný nebo mnohobarevný hologram, který musí být osvětlen bílým světlem v úhlu 45° tak, že zaznamenaný obraz může být zrekonstruován odrazem určité světelné frekvence z emulze citlivé na světlo. Proužky obrazu jsou umístěny tak blízko sebe, že představují vrstvy skrze tloušťku emulze. Rozestup mezi těmito proužky zůstává stejný. Vzdálenost mezi proužky obrazu je funkcí vlnové délky světla použité v záznamu hologramu a také rozdílu mezi úhlem reflexního a objektového paprsku. To dovoluje reflexnímu hologramu absorbovat nesprávné vlnové délky a naopak odrážet vlnové délky odpovídající rozestupům proužků.

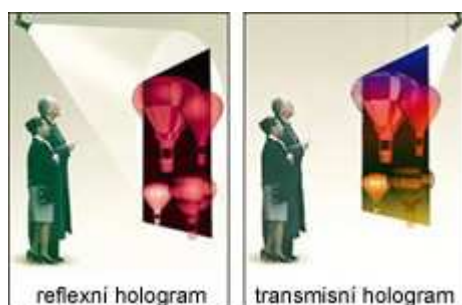
Reprodukční světlo či paprsek rekonstrukce přichází ze stejné strany hologramu jako se nachází pozorovatel. V závislosti na interferenci vzoru jsou některé části dopadajícího světla odraženy a některé nikoliv. Většina reflexních hologramů je vytvořena v menším úhlu, řekněme 160° tak, že dopadající světlo může přijít ze strany aniž by bylo blokováno osobou, která se na hologram dívá. [23], [27]



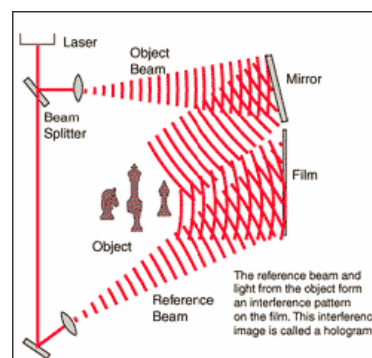
obrázek 23: rekonstrukce reflexního hologramu [25]

4.2.2 Transmisní hologram

Hlavním rozdílem mezi reflexním a transmisním hologramem je ten, že pro projekci výsledného obrazu je použito jiného úhlu nasvícení. U reflexního hologramu dopadá světlo z pozice diváka, kdežto u transmisního dopadá světlo na hologram z druhé strany.



obrázek 25: nasvícení obou typů hologramů [28]



obrázek 26: zobrazení hologramu [28]

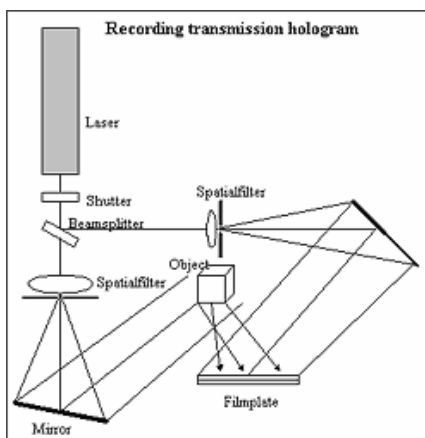
Pokud na transmisní hologram svítíme denním světlem, výsledný obraz vypadá jako duha. Pro osvětlení tohoto typu hologramu se používá laser. Možná hloubka scény je větší než u reflexního hologramu.

Tento typ můžeme rozdělit ještě na dva poddruhy. Jednopaprskový transmisní hologram je velmi jednoduše opticky uspořádaný a vyžaduje menší stabilitu soustavy. Tento hologram je nazvaný transmisním, protože během pohledu na hologram je světelný zdroj na opačné straně z pohledu diváka a rekonstruující světlo je přenesené skrz hologram.

Mnhopaprskový transmisní hologram tvoří dva nebo více paprsků. Návrh pomáhá kontrolovat umístění a osvětlování objektové scény, která je oddělená od referenčního paprsku a poskytuje správné umístění skutečného obrazu pro použití bílého světla. [28], [29]

4.2.2.1 Způsob záznamu transmisního hologramu

Pro záznam hologramu jsou požadovány dvě souvislé světelné vlny (světlo laseru). První světelná vlna se nazývá objektový paprsek, který je odrážen z objektu a nese o něm informaci. Druhá světelná vlna je nazývána reflektčním paprskem, což je rovinná vlna bez informací. Interferenční vzor je vygenerovaný z objektového a reflektčního paprsku, který je zaznamenaný ve



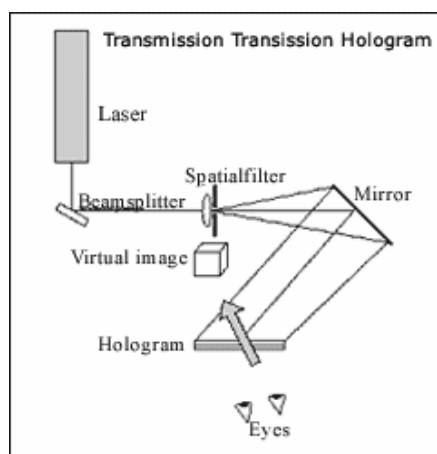
formě hologramu na filmové emulzi.

Během osvětlení filmu je požadován absolutní stabilní stav. Takto zaznamenaný druh se nazývá transmisní hologram, protože světlo prochází skrz holografickou desku. [26], [28]

obrázek 27: záznam hologramu [28]

4.2.2.2 Rekonstrukce transmisního hologramu

K rekonstrukci hologramu je důležité, aby hologram byl umístěn v původní pozici referenčního paprsku jako při záznamu. Repliku objektu vidíme, jestliže se díváme podél zrekonstruovaného objektového paprsku. Objekt lze vidět i z jiných perspektiv pokud změníme zorný úhel. Ve skutečnosti světlo neprochází skrz obraz, ale vytvořená vlnoplocha se jeví tak, že světlo bylo vygenerováno v pozici objektu. [26], [28]



obrázek 28: rekonstrukce hologramu [28]

4.2.3 Typy hologramů

Tyto hologramy vycházejí z předešlých hologramů (reflexní a transmisní). Buď patří přímo do jedné skupiny nebo jsou kombinací obou.

4.2.3.1 Ploché hologram

Jde o hologram, kde je rozdíl mezi úhlem objektového a referenčního paprsku menší než 90° . Emulze má tloušťku kolem sedmi mikronů neboli 7/miliontiny metru. Obrazová rovina může být stanovena různým způsobem. Objekt se zdá být opticky zavěšen před hologramem, či první část před a další část za ním nebo jsou obě části za hologramem. Ploché hologram má široké využití v elektronickém balení. [30], [31]

4.2.3.2 Volume hologram

Tento druh hologramu je velmi populární typ transmisního hologramu. Je považován za velkokapacitní datovou skladovací technologii. Jde o trojrozměrný hologram vytvořený při záznamu dvěma vzájemně souvislými světelnými paprsky. Úhel rozdílu mezi objektovým a referenčním paprskem je od 90° do 180° . Je využíván v různých spektroskopických a zobrazovacích aplikacích. [32], [33]

4.2.3.3 Integrální hologram

Další typ transmisního hologramu. Je vytvořen ze sérií fotografií nějakého objektu. Ty jsou většinou průhledné. Obrazem může být cokoliv. Například živé osoby ve venkovní scéně, rentgenový snímek nebo počítačová grafika. Jsou dostupné v různých tvarech. Mohou být zobrazeny přímočaře, ploše nebo jako válec na který se dá koukat z 360° . To dělá hologram viditelný pro větší množství pozorovatelů. [34], [35]

4.2.3.4 Duhový hologram

Jde v podstatě o hologram hologramu, ve kterém je první vygenerovaný hologram maskován úzkou štěrbinou. Duhový hologram odděluje součásti vlnové délky denního světla a posílá je v různých směrech tak, že pozorovatel vidí obraz jen jedné vlnové délky. Délka je určena úhlem pohledu diváka. Během obrazové rekonstrukce štěrbina pracuje a následně odstraňuje soudržnost světla, která je potřebná pro pozorování. To umožňuje udržovat trojrozměrný charakter obrazu zatímco se divák vodorovně pohybuje. Jestliže se pohybuje svisle, není vidět žádná paralaxa a barevný obraz přelétává skrz duhové spektrum z modré na červenou. Odtud duhový hologram. [36], [37]

4.2.3.5 Multiplexní hologram

Jde o typ hologramu, který je produkován kombinací velkého množství fotografií holografickým způsobem. 3D obraz je vidět v pomalu se otáčejícím transparentním válci. Jinými slovy, multiplexní hologram představují velké množství plochých obrázků objektů, které vidíme z jiných úhlů. Tyto obrázky jsou pak zakombinovány do jednoho 3D obrazu předmětu. [38], [39]

4.2.3.6 Počítačem generovaný hologram

Jak je poznat z názvu, tento typ je vytvářen na počítači pomocí skenování, navrhování, zlepšování nebo tvorbou obrazů a vzorů pro vývoj 3D hologramů. Ačkoliv jsou počítačem generované hologramy velmi drahé, do budoucna mají velký potenciál. [40], [41]

5 Shrnutí

Tuto kompletní příručku je možné nalézt na internetových stránkách, kde je vystavena pro širokou veřejnost zabývající se touto problematikou, tak i pro použití v procesu vyučování.

<http://prostorove-zobrazovani.ic.cz>

Reference

- [1] *Co je 3D stereoskopická technologie : Princip trojrozměrné stereoskopie není složitý, posuďte sami* [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/techno-co-je-3d-stereo/techno-co-je-3d-stereo.php>>.
- [2] *Pasivní stereoskopie : Jak funguje pasivní 3D stereoskopická projekce* [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/techno-passive-stereo/techno-passive-stereo.php>>.
- [3] *Aktivní stereoskopie : Jak funguje aktivní 3D stereoskopická projekce* [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/techno-active-stereo/techno-active-stereo.php>>.
- [4] *Anaglyf (barevné 3D brýle) : Je několik způsobů jak zobrazovat 3D, pokud se vzdáte plných barev, mohou dostačit i barevné 3D brýle (anaglyf).* [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/techno-anaglyph/techno-anaglyph.php>>.
- [5] *Anaglyfická stereoskopie* [online]. 24. 12. 2008 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://jlswebs.wordpress.com/2008/12/24/anaglyficka-stereoskopie/>>.
- [6] *Autostereoskopické monitory : Jak fungují autostereoskopické 3D monitory* [online]. GALI-3D, c2005-2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.gali-3d.com/cz/techno-a-stereo-m/techno-a-stereo-m.php>>.
- [7] *Easy stereogram builder : How it works* [online]. c2008-2009 [cit. 2009-03-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.easystereogrambuilder.com/howTheyWork.aspx>>.

- [8] GIN, Jonathan, LEONG, Joseph. *Types of Stereograms* [online].
březen 10, 2003 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW:
<<http://scien.stanford.edu/class/psych221/projects/03/jgin/types.htm>>.
- [9] PURVES, DALE, et al. *Neuroscience*. 2nd edition. USA : Sinauer
Associates, 2000. Dostupný z WWW:
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=neurosci.box.839>>.
ISBN 0-87893-742-0. Box B. Random Dot Stereograms and Related
Amusements, s. 1-1.
- [10] STEER, William Andrew. *Stereograms - an introduction* [online].
June 1996, 23 March 2002 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW:
<<http://www.techmind.org/stereo/sintro.html>>.
- [11] *SIRDS : An optical illusion* [online]. 2003/08 [cit. 2009-03-31].
Dostupný z WWW:
<http://www.bbc.co.uk/nottingham/features/2003/08/sirds.shtml#have_a_g
o>.
- [12] BERNATCHEZ, Marc. *Virtual Reality Resources : Resolution
analysis for HMD helmets* [online]. c1995-2007, March 24, 2007 [cit.
2009-03-31]. Text v angličtině. Dostupný z WWW:
<http://vresources.org/HMD_rezanalysis.html>.
- [13] JONATHAN, Strickland. *How Virtual Reality Gear Works : Head-
mounted Displays* [online]. HowStuffWorks, c1998-2009 [cit. 2009-03-31].
Dostupný z WWW: <[http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-
gadgets/VR-gear1.htm](http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/VR-gear1.htm)>.
- [14] *HoloCube : makes your product look different* [online]. c2008 [cit.
2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.holocube.eu/>>.
- [15] *HDTV : 1080i* [online]. 1. 2. 2007 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z
WWW: <<http://www.hdtvblog.cz/slovník/1080i>>. ISSN 1802-7482.

- [16] POLEČ, Marek. 3D zobrazení na dosah. *IT NEWS* [online]. 2008 [cit. 2009-04-01], s. 1-1. Dostupný z WWW: <http://www.itnews.sk/buxus_dev/generate_page.php?page_id=52449>. ISSN 1336-3581.
- [17] *3D And Interactive : 3D LED Full Colors Controlling Technology* [online]. Jiangmen Seekway Technology, c2006-2009 [cit. 2009-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.seekway.com.cn/e/ledsys9.htm>>.
- [18] PROKÝŠEK, Miloš. *Moderní technologie ve výuce : Prostředky prostorového zobrazování ve vzdělávání*. PedF MU Brno : [s.n.], 2007. 9 s.
- [19] *Toshiba Achieves Breakthrough in Flatbed 3-D Display : The Future is 3-D with Toshiba's New Imaging Technology* [online]. Toshiba, c1995-2008 , 15 April, 2005 [cit. 2009-04-02]. Dostupný z WWW: <http://www.toshiba.co.jp/about/press/2005_04/pr1501.htm>.
- [20] *Rendering for an Interactive 360° Light Field Display* [online]. USC Institute for Creative Technologies, c2008 [cit. 2009-04-02]. Dostupný z WWW: <<http://gl.ict.usc.edu/Research/3DDisplay/>>.
- [21] *Perspecta Display 1.9* [online]. Actuality Systems, c2005 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <http://actuality-medical.com/site/content/perspecta_display1-9.html>.
- [22] GENUTH, Iddo. *The Return of the 3D Crystal Ball* [online]. The Future of Things, c2007 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://thefutureofthings.com/articles.php?itemId=32/59/>>.
- [23] VLACHOVÁ, Magdalena. *Holografie* [online]. Magdalena Vlachová, [2003] , 11. 8. 2008 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://mfweb.wz.cz/fyzika/195.htm>>.

- [24] KUSALA, Jaroslav. *APLIKACE LASERŮ : Hologramy* [online]. 2004 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/laser/k33.htm>>.
- [25] *Reflection Hologram* [online]. [2000] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.hologramsuppliers.com/reflection-hologram.html#top>>.
- [26] OLSEN, Kjell Einar. *Chapter 2 : Holographic methods* [online]. 1996 , November 10th 1997 [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.fou.uib.no/fd/1996/h/404001/kap02.htm>>.
- [27] *Reflection Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.packaging-films.com/reflection-hologram.html>>.
- [28] *Transmission Hologram* [online]. [2000] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.hologramsuppliers.com/transmission-hologram.html>>.
- [29] *Transmission Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.packaging-films.com/transmission-hologram.html>>.
- [30] *Plane Holograms* [online]. [2000] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.hologramsuppliers.com/plane-holograms.html>>.
- [31] *Plane Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.packaging-films.com/plane-hologram.html>>.

- [32] *Volume Holograms* [online]. [2000] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hologramsuppliers.com/volume-holograms.html>>.
- [33] *Volume Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-04]. Dostupný z WWW:
<<http://www.packaging-films.com/volume-hologram.html>>.
- [34] *Integral Hologram* [online]. [2000] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hologramsuppliers.com/integral-hologram.html>>.
- [35] *Integral Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.packaging-films.com/integral-hologram.html>>.
- [36] *Rainbow Holograms* [online]. [2000] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hologramsuppliers.com/rainbow-holograms.html>>.
- [37] *Rainbow Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.packaging-films.com/rainbow-hologram.html>>.
- [38] *Multiplex Hologram* [online]. [2000] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.hologramsuppliers.com/multiplex-hologram.html>>.
- [39] *Multichannel Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW:
<<http://www.packaging-films.com/multichannel-hologram.html>>.

- [40] *Computer Generated Holograms* [online]. [2000] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.hologramsuppliers.com/computer-generated-holograms.html>>.
- [41] *Computer Generated Hologram* [online]. Packaging Films, [2005] [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.packaging-films.com/computer-generated-hologram.html>>.
- [42] KUCHARČÍK, Marek. Nové šance trojrozměrného obrazu . *21.STOLETÍ* [online]. 2005 [cit. 2009-04-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2005062203>>.
- [43] *TRIDAKT studio : 3d fotografie stereo fotografie anaglyph prostorové fotky* [online]. Praha : TRIDAKT, c2006-2009 , 17.04.09 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <http://tridakt.cz/bryle/red_cyan_plast.htm>.
- [44] HALE, Todd. *Single Image Random Dot Stereogram* [online]. 11 Nov 1993 , 2002/11/30 15:35:27 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://sunnyspot.org/asciiart/docs/sirdsfaq.html>>.
- [45] PIRILLO, Chris. *Stereogram FAQ* [online]. 26 May 1994 , June 6th, 1994 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://www-ai.ijs.si/sirds/SirdsFaq.html#Subject7>>.
- [46] BUNGERT, Christoph. *Unofficial VFX3D page* [online]. Oct. 3, 2000 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://www.stereo3d.com/vfx3d.htm>>.
- [47] *3dcgi.com : 3D autostereoscopic displays* [online]. [2008] [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.3dcgi.com/cooltech/displays/displays.htm>>.