



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY V PROJEKCI A KONSTRUKCI VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

VIRTUAL REALITY IN DESIGN OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Jun

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Lukáš Jun
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití virtuální reality v projekci a konstrukci výrobních strojů, systémů a robotiky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je získat přehled v možnostech a v použití prostředků virtuální reality pro projektování a konstrukci strojů a zařízení.

Cíle bakalářské práce:

1. Historie vzniku virtuální reality.
2. Definice a názvosloví používané v oblasti virtuální reality (VR).
3. Základní znaky, možnosti a vlastnosti virtuální reality, rozšířené reality a rozšířené virtuality.
4. Technické prostředky VR, jejich popis (HW a SW).
5. Příklady úspěšného použití VR.

Seznam literatury:

AUKSTAKALNIS, Steve a David BLATNER. Reálně o virtuální realitě: umění a věda virtuální reality. Brno: Jota, 1994. Nové obzory (Jota). ISBN 80-85617-41-2.

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM Publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

SKAŘUPA, Jiří, Vladimír MOSTÝN. Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů. VIENALA Košice, 2002. ISBN 80-88922-32-6.

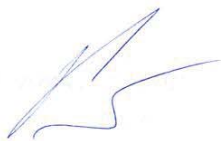
SKAŘUPA, Jiří, Vladimír MOSTÝN. Teorie průmyslových robotů. VIENALA Košice, 2000. ISBN 80-88922-55-0.

KOLÍBAL, Zdeněk a Radek KNOFLÍČEK. Morfologická analýza stavby průmyslových robotů. Vyd. 1. Košice: Viena, 2000. Edice vědecké a odborné literatury. ISBN 80-88922-27-5.

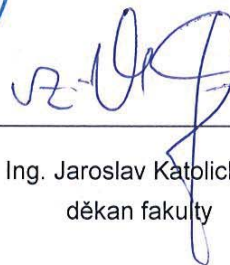
KNOFLÍČEK Radek. Roboty a pružné výrobní systémy, Studijní opora ÚVSSR FSI VUT v Brně, 2000.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 4. 11. 2016



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se v první části zabývá historií a vývojem virtuální reality. Nabízí přehled jejích typů, možností využití,... Dále upřesňuje veškeré podmínky, které musí být splněny pro vytvoření věrné virtuální reality. Zaměřuje se také na oblasti lidského zraku, sluchu a hmatu a především na to, jak je pomocí počítačem řízené techniky nejlépe oklamat. Přináší i zmínku o negativních dopadech na lidské zdraví. V poslední části je vytvořen přehled základního softwaru pro tvorbu virtuální scény a na závěr jsou uvedeny dva příklady využití virtuální reality ve strojírenství.

KLÍČOVÁ SLOVA

virtuální realita, VR, nemoc virtuální reality, software VR, aktivní, pasivní, interaktivní

ABSTRACT

This bachelor thesis in the first part describes history and development of the virtual reality, following part brings overview of the different types for virtual reality, possibilities of usage, specifies all requirements and constrains with needs to be met for creation of realistic virtual reality. This thesis also contains areas about human vision, sound and touch, mainly focusing on how to confuse them using computer controlled technology. Thesis also brings an overview about negative consequences of virtual reality on the human health. Last part of this thesis contains an overview of basic software tools for creation of virtual reality and in the end brings two examples of usage virtual reality in mechanical engineering.

KEYWORDS

Virtual reality, VR, virtual reality sickness, VR software, active, passive, interactive

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jun, L. *Využití virtuální reality v projekci a konstrukci výrobních strojů, systémů a robotiky*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 51 s. Vedoucí diplomové práce Radek Knoflíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Lukáš Jun

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé první závěrečné práce, panu Radku Knoflíčkovi za cenné rady, rychlou zpětnou vazbu a především pozitivní nadhled. Velký díky patří rovněž rodičům za podporu a pevné nervy při mém studiu a v poslední řadě přítelkyni, která je pro mě inspirací.

OBSAH

Úvod	10
1 Virtuální realita.....	11
2 První pokusy o virtuální realitu	11
2.1 19. - 20. století	11
2.2 Virtuální svět v 21.století.....	15
3 Vymezení pojmů	16
3.1 Charakteristiky virtuální reality	16
3.2 Rozdělení a možnosti virtuální reality	16
3.2.1 Pasivní	17
3.2.2 Aktivní	17
3.2.3 Interaktivní	17
3.3 Možnosti využití virtuální reality	17
3.3.1 Modelování.....	18
3.3.2 Komunikace.....	18
3.3.3 Řízení.....	18
3.3.4 Zábava	19
4 Technické prostředky virtuální reality.....	20
4.1 Rozdělení technických prostředků virtuální reality	21
4.2 Zrak.....	22
4.2.1 Princip vizuální komunikace	22
Vědomé zpracování.....	22
Předvědomé zpracování.....	22
4.2.2 Vizuální myšlení.....	23
4.2.3 Prostorové vidění.....	23
Statický odhad vzdálenosti	23
Pohybová paralaxa.....	23
Fyziologické příznaky vzdálenosti	24
Akomodace.....	24
Konvergence.....	24
Metrový úhel	24
4.2.4 Stereoskopické vidění.....	25
Prostorové zobrazení	25
Statický prostorový obraz.....	26
4.2.5 Statické zobrazení 3D scény.....	26

4.2.6	Dynamické zobrazení 3D scény.....	26
	Pasivní metody kódování 3D	28
4.2.7	Vizuální prostředí.....	29
4.2.8	Zorné pole	30
4.3	Sluch.....	32
4.3.1	Zvuk	32
4.3.2	Lokalizace zdroje zvuku	33
	Časové rozdíly.....	34
	Rozdíl intenzity	34
	Akustický stín	34
4.3.3	Stereofonní zvuk	34
	Prostorový zvuk	34
4.4	Hmat	36
4.4.1	Mechanismus hmatu	36
4.4.2	Hmatové nervy	36
4.4.3	Vyhodnocení dotykové informace	36
4.4.4	Rozeznávání podle hmatu	36
4.4.5	Vnímání mechanoreceptory	36
	Tvar	37
	Povrch	37
	Teplota	37
4.4.6	Hmatové rozlišení	37
4.4.7	Silová zpětná vazba.....	38
	Tvar	38
	Síla	38
4.4.8	Virtuální hmat	38
4.4.9	Zařízení s dotykovou a silovou zpětnou vazbou	38
4.4.10	Povely tělem.....	39
5	Vliv VR na člověka.....	39
5.1	VR sickness	39
6	Software pro virtuální realitu	40
6.1	Tvorba virtuální scény 3D Sstudio Max.....	40
6.1.1	Prostředí 3D Studio Max.....	40
6.1.2	Hardwarové nároky.....	41
	Hardwarové požadavky 3ds Max 2017.....	41
6.2	IC. IDO Visual Decision Platform (VDP).....	41

6.3	Conduit.....	43
7	Průmyslová aplikace virtuální reality	44
7.1	Virtuální prototyp v procesu návrhu obráběcího stroje	44
7.2	Finanční náklady.....	45
7.2.1	Výhody a nevýhody nasazení VR	46
8	Závěr.....	47
	Seznam použitých zkratk a symbolů	51

ÚVOD

Tématem bakalářské práce je využití virtuální reality při projekci výrobních strojů a robotů. Práce nastiňuje problematiku virtuální reality a aspekty, které by měly být splněny pro dosažení dokonalého výsledku. Virtuální realita zažívá od svého vzniku v 19. století veliký a rychlý rozvoj a to díky výpočetní technice. Neméně důležitou roli sehrála i lidská snaha zažít něco nového a například se podívat na nedostupná místa jako je Měsíc nebo útroby chrlicí sopky. Při dosažení jistých kritérií, které nám přinášejí informace z okolí (zrak, sluch, hmat), bude možné v budoucnosti vytvořit věrnou virtuální realitu, která bude velice těžce rozeznatelná od naší reality. Pro oklamání lidského oka je důležité dodržení principu stereoskopie, stejně tak pro sluch prostorový zvuk.

Cílem práce je seznámení s důležitými vlastnostmi vnímání lidských smyslů, které je nezbytně nutné zajistit, abychom mohli vytvořit dokonalou virtuální realitu. Virtuální realita má nepřeberné množství využití ve všech možných oblastech. Najde uplatnění v lékařství, architektuře, strojírenství, zábavě, ale i možnost nevšední prezentace nebo reklamy. Hlavní výhodou virtuální reality je rychlá možnost prezentace našich myšlenek a nápadů, aniž bychom musely vytvářet fyzické podklady. Stačí pouze nápad nebo zadání a využít jeden z mnoha softwarů pro tvorbu virtuální scény, projekční soustavu, sadu reproduktorů a třeba již zítra se procházíme na jižním pólu mezi tučňáky.

1 VIRTUÁLNÍ REALITA

Virtuální realita (dále VR) je způsob zobrazení složitých informací, manipulace a interakce člověka s nimi prostřednictvím počítače. Způsob dialogu člověka s počítačem se nazývá rozhraní - interface. Virtuální realita patří v dnešní době mezi nejnovější z dlouhé řady počítačových rozhraní. Představuje obrovský skok ve způsobu interakce s počítačem a vizualizací informací. Místo používání monitoru, klávesnice a myši využívá speciální brýle, datové rukavice a sluchátka.

Virtuální realita vznikla spojením několika různých technologií. Technologie počítačové grafiky, přenosu dat a programování byla volně spojena s technikou telefonu, televize a videoher. Výsledkem této syntézy je unikátní, neustále se rozvíjející technologie, nesrovnatelně převyšující každou ze svých složek. Virtuální realita zpřístupňuje uživateli komunikovat s počítačem simulovaným prostředím, ať už se jedná o prostředí reálné nebo uměle vytvořené. Je tvořena počítačovým modelem trojrozměrného prostředí, ve kterém se účastník virtuální reality „reálně“ pohybuje. Jedná se o uživatelské rozhraní, jehož hlavním úkolem je co nejvíce přiblížit počítačové prostředí skutečnosti tak, jak ji zachycují naše smysly. Cílem virtuální reality je, aby se do ní uživatel co nejvíce ponořil a zapomněl, že se pohybuje v prostředí, které neexistuje. V současné době virtuální realita pracuje především na principu vizuálních vjemů, které se mohou zobrazovat na monitoru PC nebo do přilbového displeje či virtuálních brýlí. Propracovanější simulace reality mohou poskytovat i další senzorické vjemy, například zvuk a hmat. Zpětnou vazbu prostřednictvím hmatu poskytují některé lékařské nebo herní aplikace, které využívají haptických systémů umožňujících zprostředkování taktilních informací.[1]

2 PRVNÍ POKUSY O VIRTUÁLNÍ REALITU

2.1 19. - 20. STOLETÍ

Na VR lze pohlížet jako na prostředek vytváření iluzí. iluze spořívá v tom, že se pozorovateli zdá, že se nachází na místě, kde ve skutečnosti není. Prvním pokusem vytvořit iluzi je panoramatická 360° nástěnná malba z 19. století bitvy u Borodino (Obr. 1). Smyslem těchto obrazů je zaplnění zorného pole diváka tak, aby se cítil přítomen uprostřed historické události nebo scény. V České republice můžeme nalézt podobnou scénu z bitvy u Lipan.



Obr. 1: Bitva u Borodino [2]

V roce 1838 Charles Wheatstone výzkumem prokázal, že mozek zpracovává různé dvourozměrné (2D) obrazy zachycené každým okem do jednoho třírozměrného (3D) objektu. Výzkum probíhal při pozorování dvou stereoskopických obrazů nebo fotografií a díky tomuto jevu dal pozorovateli pocit třetího rozměru. Pozdější vývoj populárního stereo kotoučku společně s kukátkem (Obr.2), patent z roku 1939, byl použit pro tzv. „virtuální turistiku“. Konstrukční principy stereoskopie se dnes používají u populárního a levného příslušenství pro mobilní telefony.



Obr. 2: Stereoskopické kukátko [2]

V roce 1929 Edward Link vytvořil „Linkův trenážér“ (patentováno roku 1931), šlo tehdy pravděpodobně o první příklad komerčního leteckého simulátoru, který byl zcela elektromechanický (Obr.3). Tento malý přístroj poháněný motorem dokázal napodobit letecké turbulence nebo poruchy. O tento výrobek projevil zájem i americká armáda, která nakoupila 10 000 kusů tohoto trenážéru pro trénink svých pilotů během druhé světové války.



Obr. 3: Linkův trenážér [2]

Příběh sci-fi spisovatele Stanleyho G. Weinbaum z roku 1930 obsahoval myšlenku dvojice brýlí, které umožňují nositeli vyzkoušet si fiktivní holografický svět a vnímat tak VR hmatem, čichem a chutí. Při zpětném pohledu na tento příběh bychom mohli říci, že Weinbaum byl svým způsobem vizionář.

V polovině roku 1950 kameraman Morton Heiling vyvinul přístroj Sensorama (patent z roku 1962). Bylo to zařízení, které dokázalo reagovat na všechny smysly pomocí reproduktorů, stereoskopického 3D zobrazení, ventilátorů, generátorů vůní a pachů a v neposlední řadě pomocí vibračního křesla (Obr. 4). Heiling vytvořil i šest krátkometrážních filmů pro tento přístroj, které dodával společně s ním. Nesly názvy: Motocykl, Břišní tanečnice, Pouštní buggy, Vrtulník, Rande se Sabinou a Láhev Coca - Coly.



Obr. 4: Sensorama [2]

Roku 1960 si nechal Morton Heiling patentovat první “brýle” pro virtuální realitu HMD (head-mounted display), které nebyly interaktivní, takže nereagovaly na pohyb uživatele. Headset byl opět založený na principu širokoúhlé 3D stereoskopie a stereofoním zvuku.

O rok později, tedy roku 1961, dva inženýři z Philco Corporation vyvinuli prvního předchůdce dnešních brýlí pro VR – Headsight. Zobrazení zastupovaly dva displeje (pro každé oko jeden) a magnetický systém pro snímání pohybu uživatele. Headsight nebyl vyvinut pro aplikace VR, ale aby umožnil vzdálené sledování nebezpečných situací na bitevním poli. Headsight byl tedy první v evoluci VR, ale doposud postrádal inteligenci a dokonalost zobrazení v podobě výpočetní techniky, jak je tomu dnes.

V průběhu roku 1965 Ivan Sutherland popsál koncept ultimátního displeje, který by simuloval virtuální realitu až do chvíle, kdy člověk nepozná rozdíl od reality. Do konceptu patří zejména:

- virtuální svět přes HMD v reálném čase
- realistický 3D zvuk
- hmatová zpětná vazba
- uživatelské schopnosti interakce s objekty ve virtuálním světě realistickým způsobem

O tři roky později Sutherland společně s jeho studentem Bobem Sproull vytvořili první zařízení jakési brýle, nazvané Damoklův meč (Obr.5). Bylo to velice nepohodlné a obrovské zařízení, které muselo být pro svoji hmotnost zavěšeno u stropu místnosti. Generovaný grafický obraz byl stále ještě primitivní a na úrovni drátěného modelu.



Obr. 5: První brýle pro VR [2]

Teprve v roce 1987 vznikl oficiální termín virtuální realita. Zasloužil se o to zakladatel vizuální programovací laboratoře Jaron Laneir, jenž prosazoval v oblasti tohoto vývoje jasnou terminologii. Společně s kolegou Tomem Zimmermanem uvedli na trh první komerční příslušenství pro VR: brýle, sluchátka a rukavice (Obr. 6).



Obr. 6: První komerční příslušenství pro VR [2]

V průběhu 90. let 20. století se jednotlivé firmy předháněly o prvenství uvést na trh nejdokonalější herní konzoli ve spojení s VR. Standardem byly již barevné LCD obrazovky v hledí a stereo zvuk .

Dalším velmi důležitým bodem ve vývoji a pohledu na VR byl sci-fi film Matrix (Obr.7) z roku 1999. Hlavní postavy bojují za přežití svého reálného světa v tom virtuálním a následky (city, bolet a zranění) jsou na ně fyzicky přenášeny skrze sondu v mozkovém laloku [2].



Obr. 7:Matrix [3]

2.2 VIRTUÁLNÍ SVĚT V 21.STOLETÍ

Prvních patnáct let 21. století bylo ve znamení velkého a rychlého rozvoje VR. Podepsala se na tom především rozvinuta výpočetní technika a sympatie k malým mobilním zařízením. S nástupem chytrých telefonů s vysokým počtem zobrazovaných bodů na jednotku plochy a schopností zobrazovat 3D grafiku se VR dostává do povědomí široké veřejnosti. Dostupnost VR je navíc podpořena stále se snižující cenou těchto zařízení.

3 VYMEZENÍ POJMŮ

V dnešních publikacích zabývajících se VR se můžeme setkat s následujícími pojmy:

Prostředí: svět, který existuje pouze v paměti počítačového systému. Lze si tak představit 3D model rodinného domu, zobrazení složitých informací nebo libovolný počet předmětů. Toto prostředí lze zkoumat libovolnými metodami včetně VR.

Umělá realita: počítačové prostředí, s nímž je možné manipulovat.

Virtuální realita: počítačem vytvořené interaktivní trojrozměrné prostředí, do něhož se člověk může zcela ponořit.

Cyber space: počítačové prostředí zahrnující mnoho počítačů, více uživatelů a tudíž mnoho souborů dat. Každý počítač slouží jako okno do informací vytvářejících toto prostředí[4].

3.1 CHARAKTERISTIKY VIRTUÁLNÍ REALITY

Aplikací z oblasti VR nazýváme takový systém, u něhož převládají následující vlastnosti.

- **Reálný čas**
Zobrazování a interakce s uživatelem se provádějí s takovou rychlostí, při níž se pohyb na zobrazovacím zařízení jeví jako plynulý.
- **Interakce**
Scéna obsahuje interaktivní objekty – s některými uživatel přímo manipuluje, jiné jsou animovány podle předem daných scénářů či s ohledem na aktivitu uživatele.
- **Pohlčení (vnoření, imerze)**
Uživatel neprohlíží scénu jen zvenčí, ale vstupuje do ní a prochází v ní po rozličných drahách. Při pohybu může na uživatele působit gravitace a jsou vyhodnocovány kolize při nárazech do objektů.[26]

3.2 ROZDĚLENÍ A MOŽNOSTI VIRTUÁLNÍ REALITY

Účinnost virtuálního prostředí je do značné míry dána obrazotvorností a zkušeností pozorovatele. Vnímání VR závisí na nedokonalostech ve srovnání s naší realitou a druhu VR.

VR se rozděluje na jednoduchou, pohlcující nebo rozšířenou:

- **Jednoduchou virtuální realitu**, která nevyužívá žádné speciální příslušenství počítače a jejímž cílem je spíše vtáhnout uživatele do virtuálního světa softwarovým provedením.

- **Pohlující virtuální realitu**, která má za hlavní cíl umožnit uživateli dokonale nastínit skutečnost za pomoci speciálních zařízení pro prostorový obraz, komplexní prostorový zvuk a převedení silových vjemů z prostředí na uživatele. Možností je i zásah do virtuálního prostoru.
- **Rozšířenou virtuální realitu**, která kombinuje prvky skutečného světa s virtuálním prostředím. [4]

Systémy VR také můžeme rozdělit podle úlohy uživatele v tomto systému:

3.2.1 PASIVNÍ

Dnes se můžeme setkat se spoustou způsobů, které můžeme označit za pasivní VR: sledování televize, čtení knihy nebo poslouchání rádia. Jedinou možností jak zasáhnout do této reality je možnost přepnutí programu, přeskočení nudné kapitoly nebo přeladění stanice. Velice podobné je to i v případě pasivní VR. Děj probíhá bez ohledu na to, že bychom mohli zasáhnout.

3.2.2 AKTIVNÍ

Druhá úloha VR je už o něco zajímavější. Na rozdíl od pasivní VR je zde již možnost si virtuální prostředí prohlédnout. Zaleží na možnostech daného softwaru a jaký způsob prohlídky máme k dispozici. Příkladem může být virtuálně vybavený obývací pokoj se vším nábytkem a doplňky, což může sloužit k plánování vysněného bydlení.

3.2.3 INTERAKTIVNÍ

Jedná se o poslední a nejintenzivnější úlohu VR. Takováto forma dovoluje uživateli se podrobněji seznámit s prostředím. V interaktivní VR si uživatel může pustit televizi, posadit se do křesla a číst knihu, nakrmit rybičky, prostě cokoli, co ho napadne. Tento způsob je ovšem značně hardwarově a softwarově náročný a z toho plyne i výrazně vyšší cena ve srovnání s aktivní nebo pasivní VR.[4]

3.3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY

Vznik VR je syntézou počítačové grafiky, programování, přenosu dat, televize a videoher. Výsledkem je stále rozvíjející se technologie, která mnohonásobně překonává každou z těchto složek. Hlavními možnostmi VR jsou:

- modelování
- komunikace
- řízení
- zábava

3.3.1 MODELOVÁNÍ

Model je subjektivní představa skutečnosti usnadňující její pochopení. Jedná se o modely, které si vytváří v lidském vědomí. Příkladem může být představa pochopení složitých trojrozměrných struktur molekul. Ovšem student může pomocí VR vizualizovat model, který vyjadřuje uspořádání atomů v molekule a dosáhne tak vyšší úrovně pochopení. Prostředí VR pomáhá rychleji zpracovat dostupné informace a vyhodnotit danou problematiku [3]. Příkladem může být firma se rozhodla pro stavbu nové budovy a plně robotizované pracoviště. Dodavatelská firma, která představí několik konceptů včetně pohybu robotů, materiálu, ale i proudění vzduchu v klimatizaci a zákazník si jen může vybrat, jak se jeho model shoduje s realitou.

3.3.2 KOMUNIKACE

Virtuální prostředí výborně poslouží pro vzájemnou komunikaci mezi lidmi, příkladem je opět firma poptávající robotizované pracoviště. Při vytvoření několika konceptů, lze ihned komunikovat a vyjasnit otázky ze strany zákazníka. Další výhodou je vstup pozorovatele, jednoho z majitelů, který může dojednávat obchod na druhém konci planety skrze virtuální konferenci (Obr. 8).



Obr. 8: Virtuální konference [6]

3.3.3 ŘÍZENÍ

Řízení je jedním z důvodů, proč VR vznikla. U každé technologické inovace se hledá uplatnění pro vojenské účely, ne jinak tomu bylo i v historii VR. Pro úspěšné splnění vojenské mise je důležité mít minimální nebo žádné ztráty na životech. A k tomu slouží virtuální prostředí a bezpilotní vozidlo nebo letoun. Dnes je k dispozici dokonalá satelitní technika pro skenování terénu a vytvoření identického prostředí. Obsluha takového zařízení, se fyzicky pohybuje v bezpečí základny, aniž by tím voják riskoval svůj život na bitevním poli. Nemusí se, ale jednat vždy o vojenské účely. Dalším příkladem je člověk s omezenou

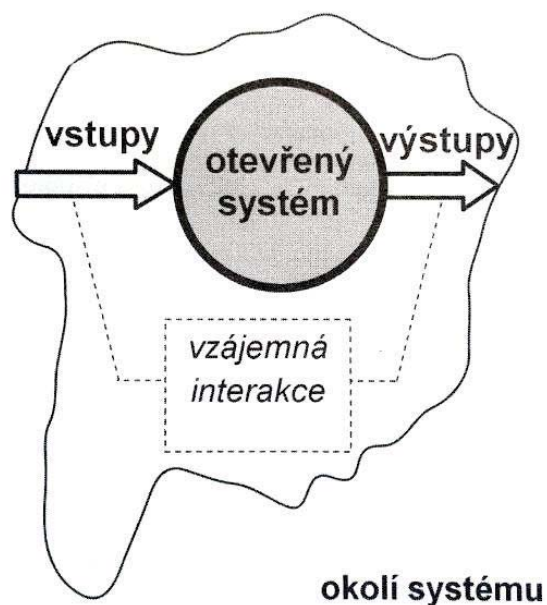
hybností, který by pouze pohyboval horními končetinami a mohl si tak splnit sen výstupu na Mount Everest, ovšem tedy pouze virtuálně.

3.3.4 ZÁBAVA

Na počátku 90. let 20. století došlo k velkému rozvoji VR díky videohrám. Tím se otevřela nová brána do světa zábavy. VR vtáhne hráče přímo do děje. Pomocí umělé reality se hráč může stát například: rockovou hvězdou na podiu s tisíci diváky nebo se procházet útroby sopky chrlící lávu.[4]

4 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY VIRTUÁLNÍ REALITY

Každý živý organismus je z kybernetického hlediska považován za systém a je vždy ve vzájemné interakci s prostředím, které ho obklopuje. Lze jej také nazvat tzv. otevřeným systémem (Obr. 9). Vazba systému s okolím je zprostředkována dvěma způsoby. Vstupy do systému zajišťují příjem informací z okolí a výstupy naopak předávají informace ze systému do okolí. Vstupní informace jsou získávány prostřednictvím specializovaných senzorů.[5]



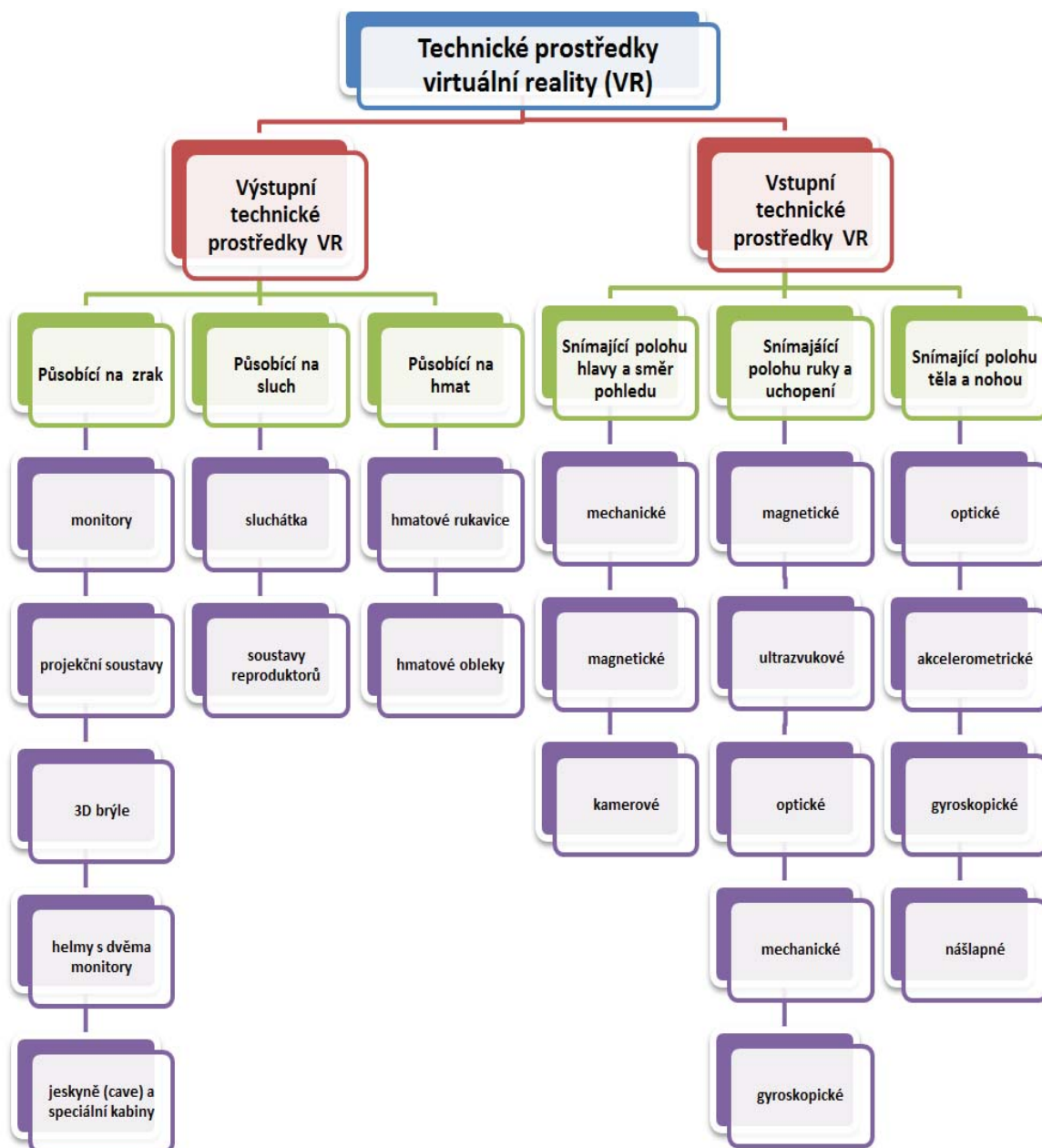
Obr. 9: Schéma otevřeného systému [5]

Člověk je obdařen pěti smysly, které využívají smyslové orgány (senzory), aby získal a tím vyhodnotil komplexní informace, jež označujeme jako:

- zrak
- sluch
- hmat
- chuť
- čich

4.1 ROZDĚLENÍ TECHNICKÝCH PROSTŘEDKŮ VIRTUÁLNÍ REALITY

Technické prostředky VR dělíme na vstupní a výstupní. V dnešní době se vždy spolupracuje s počítačem, a proto všechny vstupní informace jsou předány uživatelem do počítače (např. směr pohledu a pohybu nebo síla sevření dlaně). Výstupní informace tyto data převedou do podoby, která uživateli dodává pocit reálného prostředí (obr. 10). [5]



Obr. 10: Blokové schéma rozdělení prostředků VR [5]

4.2 ZRAK

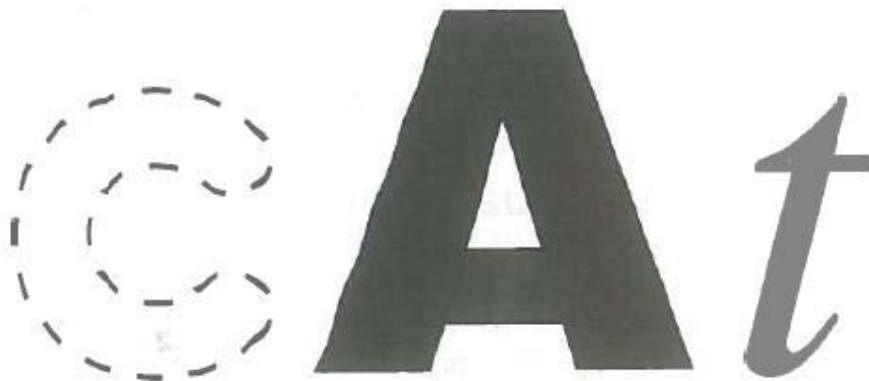
4.2.1 PRINCIP VIZUÁLNÍ KOMUNIKACE

Běžné denní činnosti jako je sledování televize nebo čtení knihy mají jedno společné. Je to metoda získávání informací skrze oči do mozku. Člověk poznává svět převážně prostřednictvím zraku. Ostatní smysly jsou značně pozadu. Při tvorbě virtuálního prostředí je tedy nezbytné, aby bylo vše dokonale vizuálně zpracováno. V jednoduchosti lze říci, že mozek zpracovává obrazové informace z oka dvěma mechanismy.

- vědomé zpracování
- předvědomé zpracování

Vědomé zpracování

Vědomé zpracování je zpracování informace, které vyžaduje soustředěné duševní úsilí (Obr.11). Příkladem je hledání požadované položky v katalogu dodavatele. Při pročitání seznamu si pod každou položkou lze představit její tvar a vědomě vyhodnotit shodu s hledaným artiklem. V mnoha případech je pro vědomé zpracování vizuální informace potřebná jistá kvalifikace. Jednoduchým příkladem bude konstruktér, který kontroluje výkres a bez znalosti symboliky geometrických tolerancí by nebyl schopen dodržet funkčnost výsledného výrobku.



Obr. 11: Vědomé zpracování [4]

PŘEDVĚDOMÉ ZPRACOVÁNÍ

Na rozdíl od vědomého zpracování je to zpracování informací, kde naše vůle nehraje roli. Předvědomé zpracování zahrnuje základní schopnosti rozlišit světlo, barvu, hloubku a pohyb. Opět jednoduchým příkladem bude značka toxické látky - obrázek lebky se skříženými hnáty.

I bez odborné znalosti značka symbolizuje smrt a při práci s touto látkou je třeba být opatrný.[4]

4.2.2 VIZUÁLNÍ MYŠLENÍ

Všechny obory lidské činnosti zahrnují spoustu komplikovaných struktur a koncepcí, které jsou charakterizovány 3D objekty nebo abstraktní informací. Pokud takový obraz existuje pouze v našem vědomí je jakákoliv operace s ním velmi obtížná. [4]

4.2.3 PROSTOROVÉ VIDĚNÍ

V každém okamžiku dostává mozek miliardy elementů vizuálních informací ve formě elektrických impulzů. Jeho úlohou je zpracovat údaje tak, aby bylo možné získat jasnou představu o našem okolí. Je nutné vědět, jakým směrem přijíždí automobil, jak daleko je hora nebo kam si na stole sáhnout pro propisku. Prostorové vidění je používáno ve dvou případech. Prvním je odhad vzdálenosti mezi naší polohou a vzdáleným objektem. Druhým způsobem je odhad vzdálenosti mezi dvěma body tzv. relativní vzdálenost. Když už je obraz zpracován v mozku, vyhledává různé odlišnosti na objektu, jako jsou hrany, aby se usnadnilo odhadnutí vzdálenosti. K tomu používá čtyři znaky[4]:

- statické
- pohybové
- fyziologické
- stereoskopické

STATICKÝ ODHAD VZDÁLENOSTI

Základ je ve všech poznatcích, které lze odvodit ze statického obrazu jako je tomu například u fotografie. Při zakrytí jednoho oka a pohledu na fotografii se získá určitá představa o vzdálenosti mezi objekty. Mozek využívá šest základních znaků[4]:

- vzájemná poloha předmětů
- stín
- jas
- rozměr obrazu
- lineární perspektiva
- změna vnímání povrchu

POHYBOVÁ PARALAXA

Pohybová paralaxa je to vnímání rozdílu pohybu objektů, které lze pozorovat například z dopravního prostředku. Při zaměření se v daném okamžiku na pevný bod v okolí lze nabít dojmu, že se objekt pohybuje proti nám. Objekty v okolí pevného bodu se zdánlivě pohybují

ve stejném směru. Předměty, které jsou blíže se pohybují zdánlivě rychleji, nežli předměty vzdálené, což je dáno velikostí obrazu na sítnici [4][7].

FYZIOLOGICKÉ PŘÍZNAKY VZDÁLENOSTI

Jsou-li vlastnosti statického nebo pohybujícího se obrazu brány jako jediný zdroj informací o vzdálenosti v okolním světě, pak by k jejich vnímání stačilo pouze jedno oko a pohyb hlavy. Vzhledem k tomu, že člověk má dvě oči, dochází k zisku nejdůležitějších poznatků o vzdálenosti ve statické scéně do vzdálenosti cca 6 m.

Organismus získává informace i z pohybů okohybných svalů a rozměrů čočky (akomodace a konvergence) tedy z tzv. okulomotorických funkcí[4].

AKOMODACE

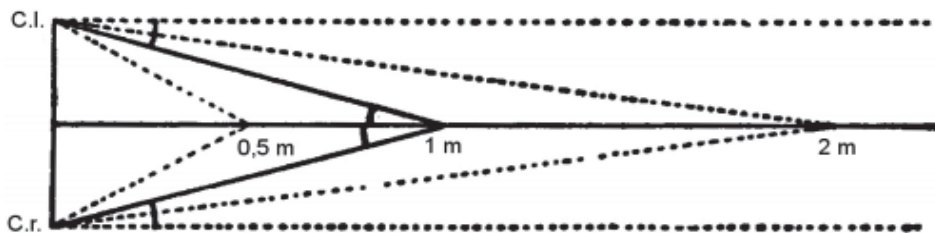
Jak je známo oko, dokáže zaostřit objekt změnou tvaru čočky. Změna síly ve svalech ovládajících čočku mozku pomáhá určit vzdálenost[4].

KONVERGENCE

Konvergence je druhý jev, který mozku pomáhá s určením vzdálenosti. Při pohledu na blízký předmět se oči natočí tak, aby se osy střetly na pozorovaném objektu. To společně s akomodací pomáhá přesněji určit vzdálenost[4].

METROVÝ ÚHEL

Na základě vzájemné spojitosti akomodace a konvergence je založena jednotka konvergence tzv. metrový úhel (Obr. 12). Metrový úhel je takový úhel, který spolu svírají obě oči při pohledu na předmět vzdálený 1 m od oka. Při pohledu na předmět vzdálený 2 m od oka, měří konvergence 0,5 metrového úhlu analogicky při vzdálenosti 0,5 m od oka naměříme dva metrové úhly. Maximální konvergence zdravého člověka dosahuje 12 metrových úhlů[8].

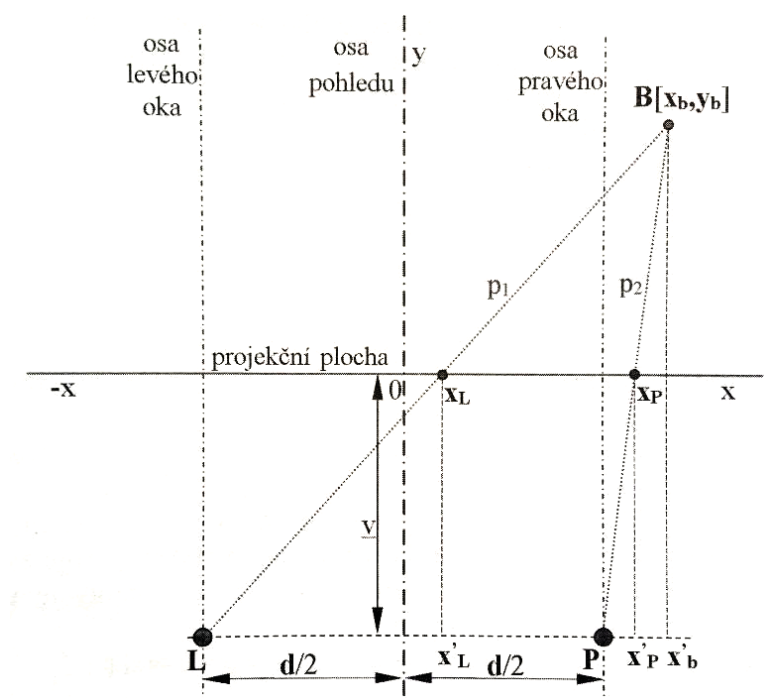


Obr. 12: Metrový úhel [8]

4.2.4 STEREOSKOPICKÉ VIDĚNÍ

Lidské oči na rozdíl od některých zvířecích (například králíka a jelena) pozorují okolí stejným směrem. I když obě oči vnímají stejnou scénu, tak každé z trošku jiného úhlu. Vzdálenost mezi očima je velmi malá přibližně 64 mm a to stačí k získání rozdílných obrazů v každém oku. Tento jev se nazývá binokulární disparita (stereopse) (Obr 13).

Jak přesně mozek tento obraz sloučí není doposud zcela objasněno, ale důležitou roli hrají neurony, které se aktivují při shodě obrazů. [4]



Obr. 13: Princip stereoskopie [5]

PROSTOROVÉ ZOBRAZENÍ

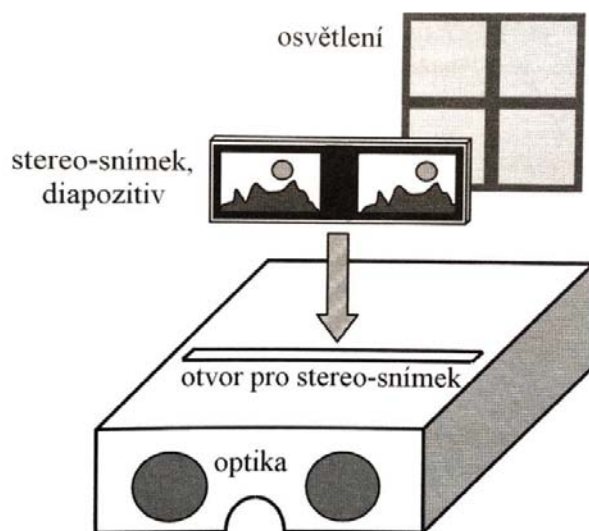
Prostorové zobrazení je důležitým prvkem v oblasti VR. Při zpracování dvou obrazů tzn. z každého oka jeden, mozek převede tuto informaci na trojrozměrný model. Tohoto jevu musíme dosáhnout i v prostředí VR, aby bylo vše věrohodné.[4]

STATICKÝ PROSTOROVÝ OBRAZ

Lidské oko lze snadno oklamat. Vnuknout mu vjem trojrozměrného objektu při pohledu na dvourozměrný obraz. Obrazy schopné vytvořit takovou iluzi nazýváme stereogramy nebo stereopáry. Lze je získat speciální kamerou nebo vytvořit počítačem.[4]

4.2.5 STATICKÉ ZOBRAZENÍ 3D SCÉNY

Pro zobrazení statické 3D scény je důležité použít fotoaparát, který je schopný vyfotografovat danou scénu ve dvou vzájemně posunutých obrazech. Pro výsledný 3D obraz pak již stačí pouze stereoskopické kukátko (Obr. 14), které promítne do každého oka horizontálně posunutý obraz.[5]



Obr. 14: Stereoskopické kukátko [5]

4.2.6 DYNAMICKÉ ZOBRAZENÍ 3D SCÉNY

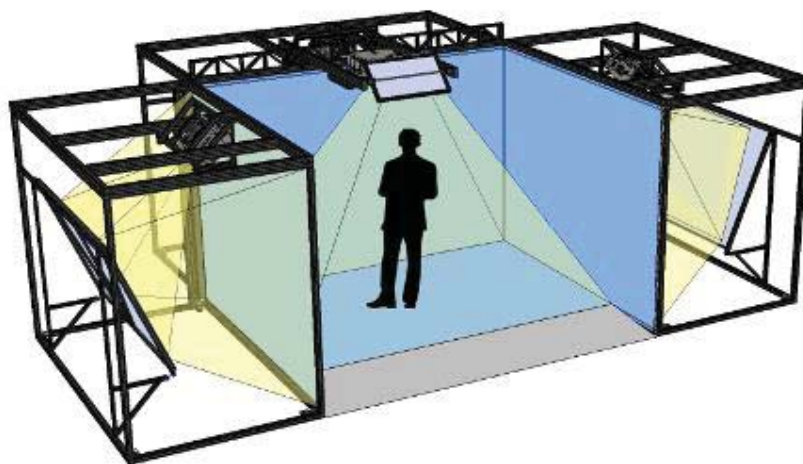
Dokonalá virtuální realita je v případě použití statické 3D scény omezena na jeden pohled, proto je vhodné použít dynamickou scénu.

Dynamické 3D scény je možné vytvořit použitím několika druhů technických prostředků:

- monitory
- projekční soustavy
- 3D brýle (obr. 15)
- helmy se dvěma monitory – HMD
- jeskyně – CAVE (obr. 16)
- speciální kabiny a simulátory



Obr. 15: 3D brýle Samsung Gear VR [9]



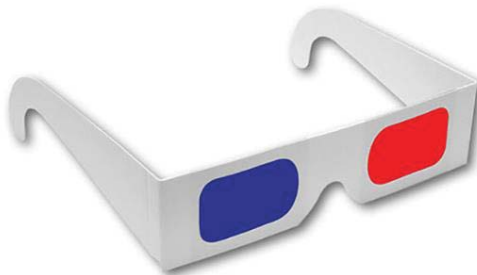
Obr. 16: Jeskyně – CAVE [10]

Volba daného zobrazovacího zařízení se bude odvíjet od ceny, kvality a metody zobrazení.[5]

PASIVNÍ METODY KÓDOVÁNÍ 3D

Anaglyfická metoda

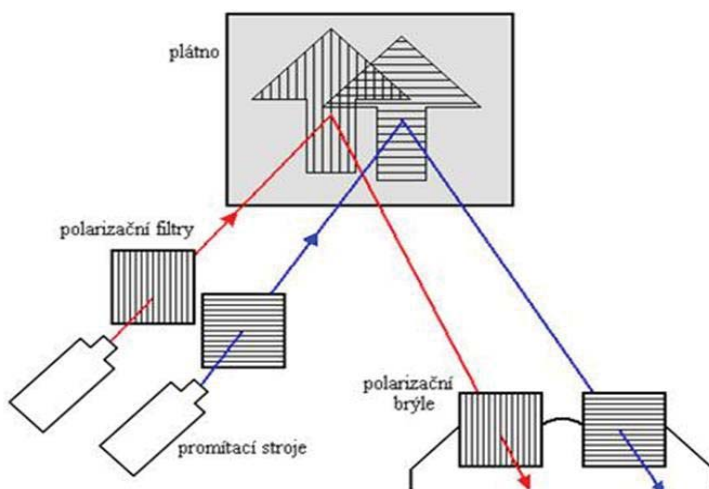
Je to technicky nejjednodušší a univerzální metoda zobrazení 3D obrazu. Lze ji použít jak u fotografii, tak u pohyblivého obrazu. Její princip spočívá ve skládání dvou barevně upravených a horizontálně posunutých snímků v jeden. Aby naše oko vidělo prostorový obraz, je nutné použít brýle s barevnými filtry (Obr.17). Nevýhoda metody spočívá v zisku barevného vjemu pouze ve dvou barvách. [5]



Obr. 17: Anaglyfické 3D brýle [11]

Metoda polarizační

Velice rozšířené jsou i projekční systémy využívající metodu polarizace. Obrazy pro každé oko jsou promítány přes dva opačně orientované polarizační filtry a dva projektory následně složí obraz na plátně (Obr 18). Opět jako v případě metody anaglyfické použitím speciálních brýlí, které obsahují polarizační filtry, získáme prostorový obraz již ve více barevné podobě. [5]

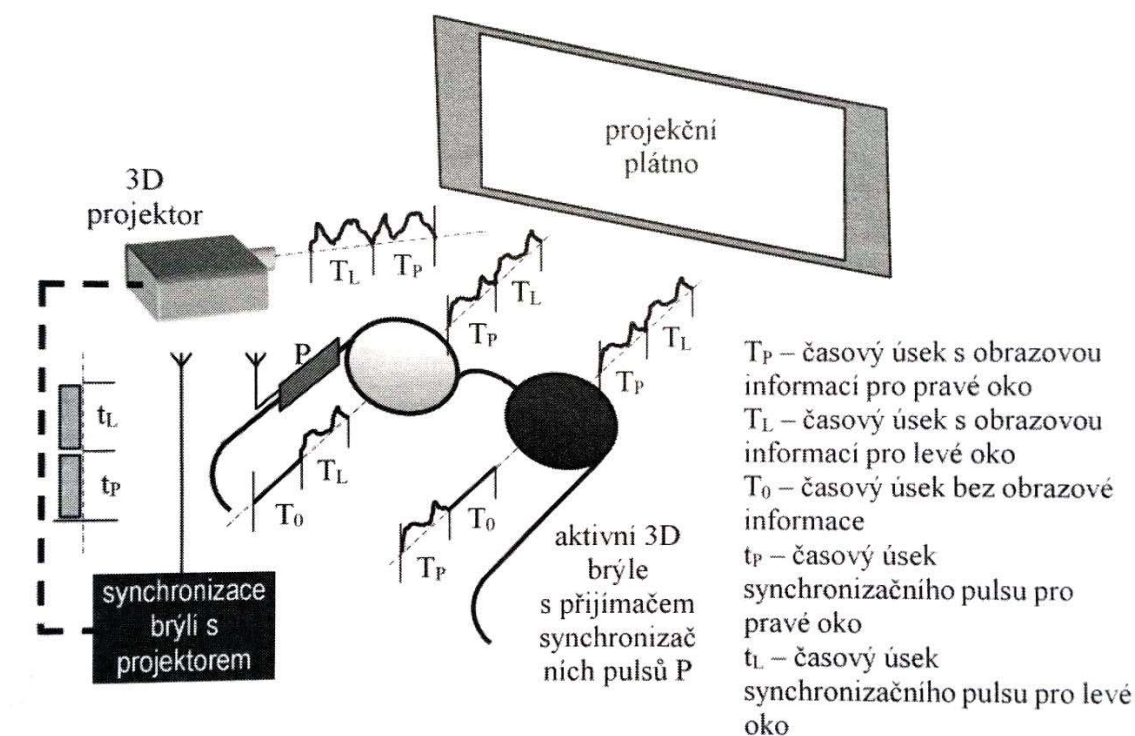


Obr. 18: Polarizační metoda zobrazení [12]

Aktivní metody kódování 3D snímků

Aktivní závěrková metoda

Dnes je technicky nejdokonalejší zobrazení 3D scény při použití závěrkové metody. Tato metoda využívá principu setrvačnosti oka a tak se na plátně nebo monitoru velmi rychle střídají posunuté zobrazované scény pro pravé a levé oko. (Obr. 19) Bez použití speciálních 3D brýlí není možné prostorový obraz zobrazit, protože je rozmazaný. Brýle jsou vybaveny LCD průzory, které jsou synchronizovány dle zobrazení pro každé oko. Střídavě propouštějí obraz do levého a pravého oka. Tato synchronizace je zajištěna infračervenými paprsky nebo rádiovým signálem. [5]



Obr. 19: Aktivní uzávěrková metoda [5]

4.2.7 VIZUÁLNÍ PROSTŘEDÍ

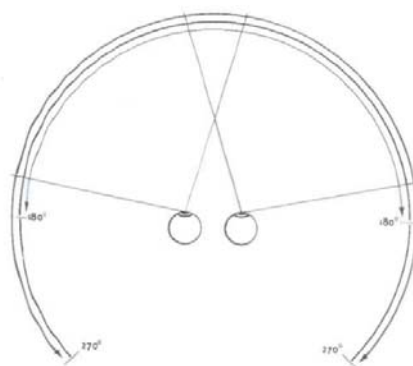
Trojrozměrný obraz je důležitým předpokladem pro vytvoření dojmu reálného prostředí, ale ještě důležitější je pocit ponoření se do tohoto světa. Základními předpoklady pro dokonalé ponoření tedy jsou : sledování polohy, sledování směru pohledu a interaktivita. Velmi důležité pro tento vjem jsou také: dostatečné velké zorné pole, optimální rychlost obnovy obrazu a respektování směru pohledu.

Na tom, do jaké míry se nám podaří tyto požadavky splnit, závisí úspěch vytvoření dokonalého věrného světa. [4]

4.2.8 ZORNÉ POLE

Základem panoramatického kina je velká promítací plocha umístěná okolo pozorovatele i nad ním případně pod. Zajišťuje nevšední zážitek, kdy pozorovatel nabývá dojmu, že je součástí filmové scény. To vše je zprostředkováno dostatečně velkou promítací plochou, která zaplní celé zorné pole pozorovatele a ten již nemůže být rušen okolním světem.

Při pohledu před sebe, bude každé oko ve vodorovné rovině vnímat vizuální informace ze směru odkloněného až o 90° od osy oka. Kombinací obrazu z obou očí vzniká zorné pole s úhlem asi 180° . Oko má dále schopnost pohybovat se v očním důlku asi o 45° . Celé zorné pole tedy může dosáhnout úhlu až 270° (Obr. 20).



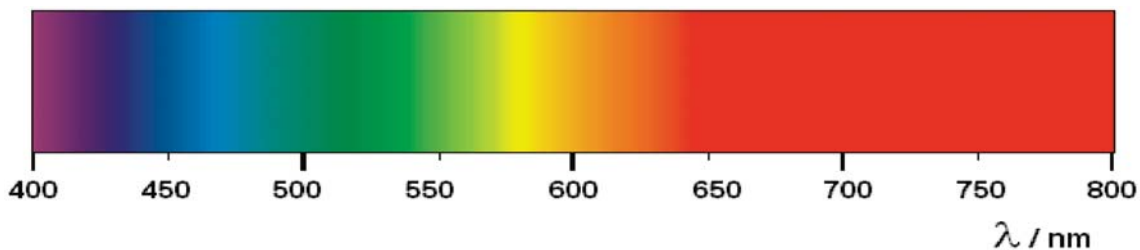
Obr. 20: Zorný úhel [4]

To ale neznamená, že naše oko dokáže vnímat dokonale ostře obraz v celých 270° . Okraje jsou vnímány pouze obrysově a pohybově. Tato na první pohled zbytečná část našeho vnímání se ukazuje jako důležitý faktor pro věrohodnost pozorování.[4]

Viditelné spektrum

Zrak člověka je citlivý jen v určitém frekvenčním pásmu elektromagnetického vlnění, které nazýváme světlo. Vlnová délka světla se pohybuje v rozmezí 380 – 780 nm. (Obr. 21)

Jednotlivé frekvence světla a jejich kombinace jsou v mozku implementovány jako barvy. Barvy objektů na virtuální scéně jsou pro mozek velice důležitým zdrojem informací. Lidské oko je velice citlivé na jednotlivé barvy, je schopno jich rozlišit až několik desítek miliónů.[5]



Obr. 21: Viditelné spektrum světla [13]

Rychlost obnovy obrazu

Člověk v reálném světě nevnímá žádné zpoždění při změně pohledu. V dnešních systémech VR to však zcela neplatí. Počítače, které generují obraz VR nejsou dostatečně rychlé na to, aby poskytli uživateli 100% věrohodnost. Vývoj jde neustále dopředu a lze s jistotou předpovědět, že se v blízké budoucnosti se dočkáme virtuálního prostředí, které nebude rozlišitelné od toho skutečného.[14]

Počet snímků, které dovede počítač generovat za sekundu se nazývá frekvence obnovy obrazu nebo také snímkovací frekvence a má označení z anglického názvu „frames per second“ (FPS). Je-li tato frekvence dostatečně vysoká, jednotlivé obrazy splývají a jsou vnímány spojitě souběžně s pohybující se scénou. Pro dokonalý vjem z virtuálního prostředí je důležité, aby zobrazovací frekvence byla alespoň 60 fps a více.

Sledování směru pohledu

Do tohoto okamžiku se předpokládá, že se uživatel dívá přímo před sebe, tzn. směr pohledu je určen natočením hlavy. To však neplatí vždy. Oči mohou měnit směr pohledu nezávisle na natočení hlavy. Směr pohledu upřesňuje, kam je upřena naše pozornost. Je tedy důležité indikovat nejen natočení hlavy, ale i pohyb očí.

Pro sledování změny směru pohybu dnes existují mimo jiné i infračervené sledovací systémy (Obr. 22). Obraz zachycuje kamera zaměřená přímo na oko a pomocí počítače analyzuje obraz zornice a rohovky, následně vyhodnotí natočení oka. Obraz je upraven na základě výsledků analýzy vstupních dat pro zobrazení na plátně nebo monitoru.[4]



Obr. 22: Infračervené sledování očí [15]

4.3 SLUCH

Z předchozí kapitole je zřejmé, jak je náš zrak citlivý. Dokáže zpracovat neskutečně mnoho informací a je tedy velmi důležitý pro vnímání okolí. Kombinací zraku a sluchu získáváme komplexnější informaci z okolního prostředí, ač se to na první pohled tak nejeví.[4]

Do nedávna se oblast vývoje VR soustředila převážně na obrazový výstup. Zvuk nebyl považován za důležitý faktor. V posledních pár letech vidíme, jak se na scéně v oblasti audiovizuální techniky sdružují významné společnosti do korporací. Příkladem je americký počítačový gigant Apple a výrobce audio techniky Beats, kdy Apple odkoupil 29. 5. 2014 společnost Beats za 3 miliardy amerických dolarů to je k dnešnímu dni přibližně 81 miliard korun.

4.3.1 ZVUK

Všechny zvuky jsou vyvolány silou, která způsobila rozkmitání daného předmětu. Počáteční kmitý způsobí rozkmitání okolních molekul vzduchu, které předají kmit sousední molekule a postupně dále až k našemu uchu. Tímto způsobem je možné vnímat zvuk. Takovéto zvukové vlny, lze přirovnat k šíření vln na vodní hladině po vhození předmětu.[4]

Zvuk se může šířit všemi látkami. Výjimkou je vakuum, kde nejsou žádné molekuly pro předání kmitu. Rychlost šíření je značně rozdílná a záleží na teplotě a hustotě látky. Zde platí pravidlo čím vyšší hustota látky, tím vyšší rychlost zvuku a naopak viz tabulky 1 a 2. [4]

Tabulka 1: Rychlost zvuku ve vzduchu při změně teploty [16]

Teplota [°C]	Rychlost [m.s ⁻¹]
0	331,82
5	334,87
10	337,92
15	340,97
20	344,02
25	347,07
30	350,12
35	353,17

Tabulka 2: Rychlost zvuku v různých látkách [17]

látká	Rychlost [m.s^{-1}]
CO ₂	260
vodní pára	405
voda	1500
kaučuk	40
korek	500
olovo	1300
rtuť	1400
dřevo	3400
ocel	5000
sklo	5200

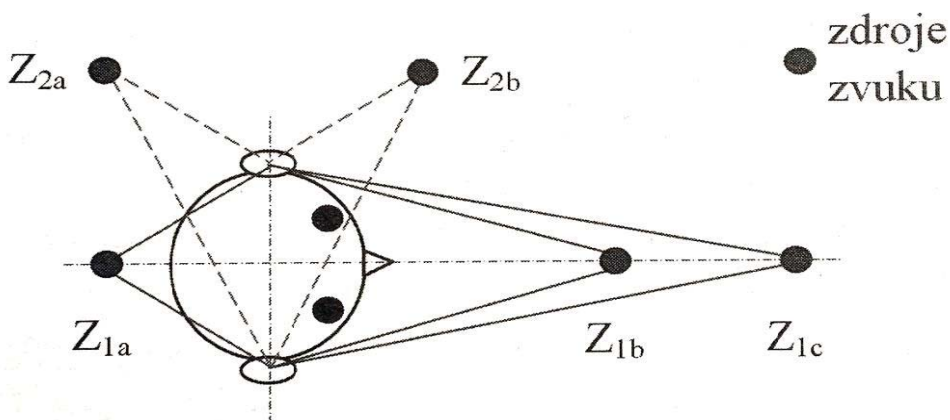
4.3.2 LOKALIZACE ZDROJE ZVUKU

Je až neuvěřitelné, jak dokáže být lidské ucho přesné při určování polohy zdroje zvuku (Obr. 23). Je to podobná vlastnost smyslu jako je prostorové vidění u zraku. Mozek si vytváří trojrozměrný zvukový obraz okolí: osoba přichází z prava nebo auto se vzdaluje, ... Vytvoření takového obrazu zvuku hraje opět důležitou roli při tvorbě VR.

Stejně jako u vidění, kde oči jsou párovým orgánem a pomáhají nám vidět objekt prostorově, tak u sluchu je to velice podobné. Bez použití obou uší, aniž by došlo k natočení hlavy, je složité určit zdroj zvuku.

V rámci výzkumu bylo dokázáno, že člověk určuje zdroje zvuku pomocí tří hlavních znaků:

- časový rozdíl
- rozdíl intenzity
- akustický stín



Obr. 23: Lokalizace zdroje zvuku [5]

ČASOVÉ ROZDÍLY

Neleží-li zdroj zvuku přesně v rovině souměrnosti hlavy, pak každé ucho zachytí zvukové vlny s jinou odezvou. Tento zvukový rozdíl nazýváme interaurální časovou diferencí.

ROZDÍL INTENZITY

Intenzita zvuku klesá se vzdáleností. Z toho tedy plyne, že pokud zdroj není stejně vzdálený od obou uší (neleží v rovině souměrnosti hlavy), lze jej zaznamenat s jemnými rozdíly v intenzitě zvuku vnímané každým uchem.

AKUSTICKÝ STÍN

Každá překážka mezi zdrojem zvuku a lidským uchem snižuje intenzitu zvuku. Jak veliký bude tento útlum záleží na velikosti překážky a vlnové délce zvukové vlny.[4]

Další faktory ovlivňující lokaci zvuku:

- sluchový vjem zrakem
- znalost zvuku
- Odrazy zvuku
- Vliv ušního boltce

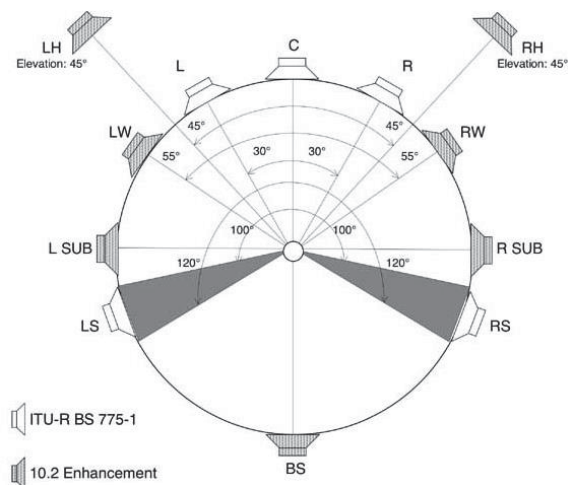
4.3.3 STEREOFONNÍ ZVUK

Při objevení významu rozdílu mezi časem a hlasitostí zvukové vlny, vznikla myšlenka reprodukovat do každého ucha mírně odlišný zvuk a tak dosáhnout dojmu prostorového zvuku.[4]

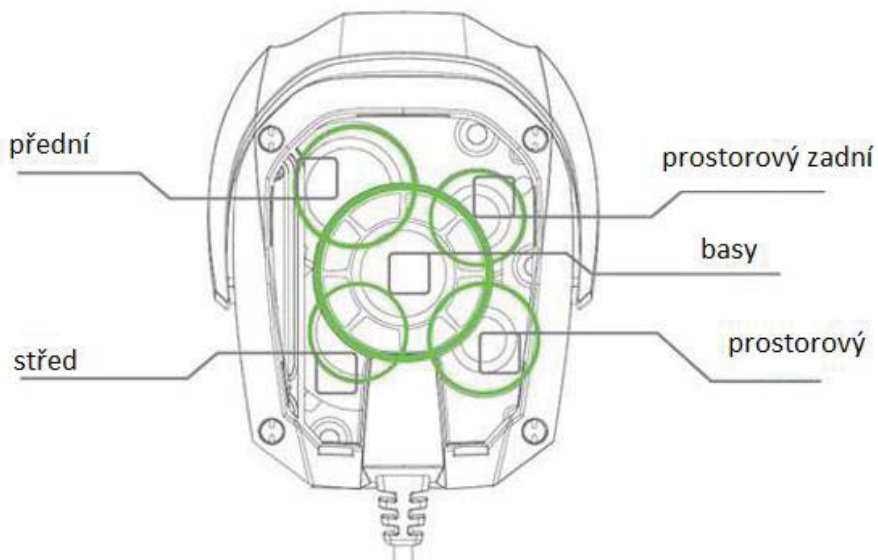
PROSTOROVÝ ZVUK

U běžné záznamové a reprodukční techniky stereofonního zvuku je jeho lokalizace omezena třemi směry (vpravo, vlevo nebo mezi). Ovšem toto není dokonalá lokalizace jaká je požadována pro virtuální prostředí.

Pro vytvoření reálného prostorového zvuku, je nutné dodržet všechny jemné rozdíly v akustice, čase a ostatních vlastnostech zvuku, čímž se získá věrohodný zvukový projev pro naše uši (Obr. 24, 25). [4]



Obr. 24: Tvorba prostorového reproduktory 10.2 systém [18]



Obr. 25: Tvorba prostorového zvuku ve sluchátkách [19]

4.4 HMAT

Zrak nám poskytuje ze všech smyslů nejvíce informací z našeho okolí, nicméně právě hmat nám dává nejspolehlivější informace. Není nikterak složité vyvolat zrakový klam vhodným obrazem, zatímco u hmatu je to značně obtížné. Kůže pokrývá celý povrch našeho těla a často poskytuje první kontakt s novým prostředím. Například při vstupu do místnosti je vidět stín, ale až dotekem lze ověřit, zda se jedná o pevný předmět.[4]

4.4.1 MECHANIZMUS HMATU

Pocit hmatu je vytvářen dvěma hlavními mechanizmy. První využívá mechanoreceptory, mimořádně citlivé útvary na tlak nebo deformaci kůže. Tyto receptory jsou rozmístěny v kůži ve velkém počtu a dávají nám především informaci o povrchu.

Druhým mechanismem vnímání hmatu je složitá soustava svalů v rukou. Informace o rozměrech, váze a tvaru předmětu jsou odvozeny od námahy jednotlivých svalů, jakou musíme vyvinout pro manipulaci s předmětem. Tuto zpětnou vazbu ze svalů případně ze šlach nazýváme propriocepcí.[4]

4.4.2 HMATOVÉ NERVY

Nervy jsou složené z tisíců nervových zakončení a zpracovávají podněty zachycené z různých oblastí ruky. Informace o dotykovém vjemu je přenášena do míchy dvěma nervovými cestami (středním a lokálním nervem).

Tyto dva svazky nervů obsahují dva typy nervového vlákna. Jsou to vlákna s pomalou a rychlou adaptací, která se dále dělí na bodová a difúzní. Nervová vlákna jsou v kůži spojena s receptory, to znamená, že každá skupina nervů může podat informace z dané oblasti ruky, podobně jako v případě oka s rozvětvenými částmi sítnice.[4]

4.4.3 VYHODNOCENÍ DOTYKOVÉ INFORMACE

Během zpracování dotykové informace v mozku dochází k jejímu průchodu přes podobné filtry jako je tomu při zpracování vizuální nebo akustické informace. Oblasti mozkové tkáně vyhodnocující informaci o doteku a to se liší podle části těla, kde došlo ke kontaktu kůže s objektem. Mimořádně citlivým oblastem jako jsou rty, dlaně, chodidla náleží podstatně větší část receptorů než například záďům nebo hýždím.[4]

4.4.4 ROZEZNÁVÁNÍ PODLE HMATU

Hmatem lze získat poznatky z mechanoreceptorů s propriotickými příznaky. Každý z těchto receptorů nese svoji mez citlivosti a přesnosti.[4]

4.4.5 VNÍMÁNÍ MECHANORECEPTORY

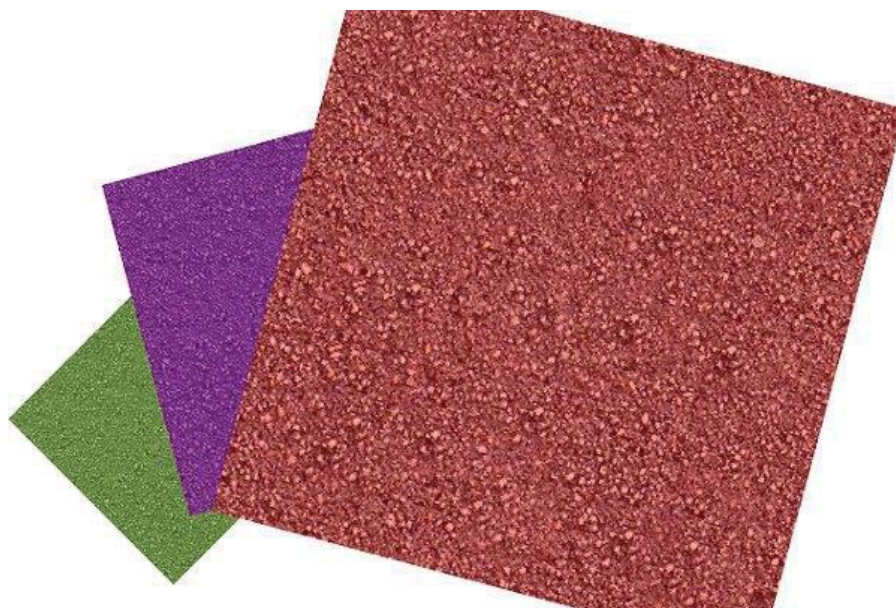
Mechanoreceptory zprostředkovávají především informace o tvaru, struktuře, teplotě nebo tvaru povrchu předmětu. Ve VR je obtížné působit na mechanoreceptory vzhledem k jejich malé velikosti a vysoké citlivosti.

TVAR

Hmatový vjem je získán změnou stavu kůže. Při doteku daného povrchu se kůže stlačuje nebo napíná. Příkladem může být valení ocelové kalené kuličky po ocelové desce, kdy nedochází k žádným změnám na povrchu a je zde zřejmý pravidelný tvar.

POVRCH

Jednoduchým příkladem jak, hmatové receptory dokáží vnímat různé povrchy, je případ smirkového papíru o různých drsnostech, která se pohybuje od 40 - 2000 zrn/cm² (Obr. 26) Při pohybu prsty se různé receptory zatlačují nebo napínají. To vytváří představu o hrubosti papíru. Tyto ovšem tyto deformace z kožních receptorů je téměř nemožné napodobit ve VR.



Obr 26: Smirkový papír [20]

TEPLOTA

Pokud člověk netrpí horečkou, pohybuje se teplota jeho kůže okolo 33 °C. Při doteku s chladným předmětem (kostka ledu) je vnímán chlad, v důsledku toho, že předmět odebírá teplo z našich prstů. Ve skutečnosti není tedy vnímána teplota, ale změna teploty kůže.[4]

4.4.6 HMATOVÉ ROZLIŠENÍ

Hmatové rozlišení se liší dle místa na lidském těle a množstvím zastoupených receptorů. Bodové rozlišení zad je kolem 70 mm oproti tomu na špičce prstu 2 mm. Oblast s největší hustotou receptorů má největší citlivost a jejími vjemy se zabývá nejrozsáhlejší část mozku.[4]

4.4.7 SILOVÁ ZPĚTNÁ VAZBA

Druhým hmatovým systémem je propriocepce. Jsou to informace získané ze šlach a svalů. Takto se získají potřebné informace především o tvaru, tuhosti nebo síle potřebné k narušení struktury objektu.

TVAR

Základní poznatek o tvaru lze získat ze zalomení prstů a deformace kůže. Příkladem je držení ručníku, přičemž prsty zaujímají jistou polohu, která informuje o jeho tvaru a velikosti. Tato zdánlivě nevýznamná informace je však stejně důležitá jako je tomu při periferním vidění u zraku.

SÍLA

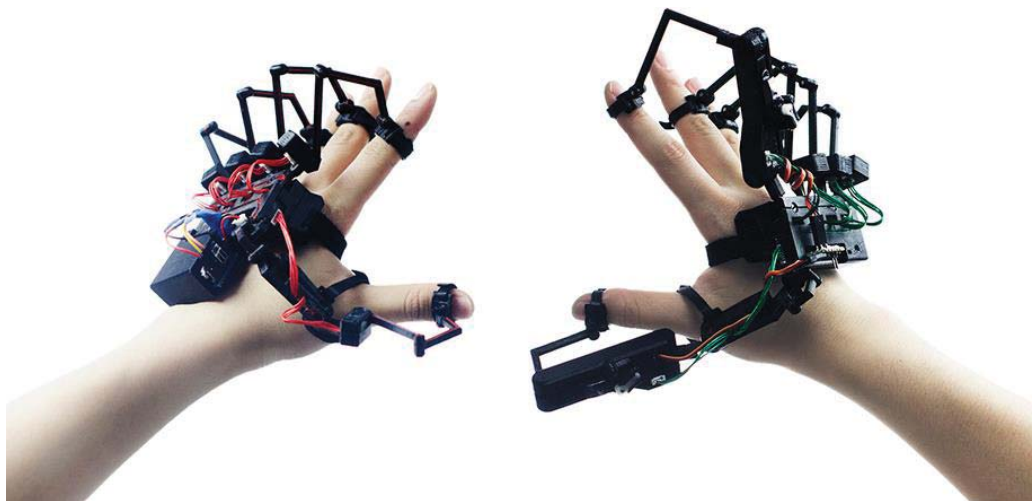
Při pohybu vyvíjí naše svaly jistou sílu. Ať už je to držení nákupní tašky, zvedání břemene nebo svírání kleští. Síla, kterou musí svaly vyvinout, má rozhodující význam pro vnímání světa i pro vytváření virtuálních hmatových vjemů.[4]

4.4.8 VIRTUÁLNÍ HMAT

Předměty jsou viděny, zvuky slyšeny, ale hmatová zpětná vazba chybí. Absence tohoto prvku ubírá na věrohodnosti virtuálního prostředí. Když si člověk zvykne na virtuální svět má neustále nutkání natáhnout ruku a sáhnout si.[4]

4.4.9 ZAŘÍZENÍ S DOTYKOVOU A SILOVOU ZPĚTNOU VAZBOU

Pro vytvoření pocitu virtuálního hmatu byla vyvinuta spousta zařízení s dotykovou i silovou vazbou (Obr. 27). I přes to, že mají prakticky rozdílné řešení a velikost, mají vždy stejnou funkci: vytvořit protitlak naší ruce, aby hmatové receptory detekovaly tlak. Vývoj takového zařízení, aby bylo schopno vyvolat více než základní dotykový vjem patří k těm nejsložitějším úkolům, které může virtuální realita nabídnout[4].



Obr. 27: zařízení pro hmatovou odezvu [21]

4.4.10 POVELY TĚLEM

Pro pohyb ve VR není pouhý pohyb ruky dostatečně reprezentativní pro celou osobu. Pro dosažení věrohodné počítačové reality musíme počítač informovat o pohybech celého těla. Myšlenka potřeby takových zařízení vnikla již v sedmdesátých letech minulého století a vycházela z analýzy obrazu z videokamer. I přes dlouholetý výzkum a následný vývoj bude ještě nějaký čas trvat, než se na trhu objeví upotřebitelný produkt. V tuto chvíli jsou na trhu datové obleky tvz. DataSuit. (Obr. 28)

DataSuit slouží k určování ohybu končetin a funguje na principu světelných vláken. Vlákná slouží k měření ohnutí a natočení. Počet vláken záleží na požadované přesnosti. Existuje několik důvodů proč je datasuit stále komerčně neúspěšný. Hlavními jsou: těžkopádnost a složitá kalibrace.[4]



Obr. 28: DataSuit [22]

5 VLIV VR NA ČLOVĚKA

5.1 VR SICKNESS

Jedním z největších problémů, které s sebou zobrazení virtuálního prostředí nese je virtual reality sickness. Tento jev vychází z pojmu motion sickness a sdílí některé jeho symptomy. Virtuální prostředí tak u některých uživatelů může vzbuzovat pocit nepohodlí, bolesti a motání hlavy, nevolnosti od žaludku, únavy nebo dezorientovanosti. VR sickness se od motion sickness liší tím, že může být způsobena virtuálně vyvolaným vnímáním pohybu sebe sama, není tak nutný skutečný pohyb v reálném světě.

Vizuální nesoulady, se kterými se setkáváme ve virtuální realitě, mohou zapříčinit okulomotorické příznaky. To je oční napětí, obtížnost zaměřování a bolesti hlavy. Tento jev je většinou způsoben smyslovým konfliktem či nesouladem. Zatímco oči uživateli říkají, že prochází virtuálním světem, tělo si uvědomuje, že je v klidu nebo nevykonává tu činnost, kterou vidí oči. Dalším z důvodů je například zpoždění, kdy při otočení hlavy uživatele zařízení není schopné reagovat v dostatečné rychlosti, což způsobí smyslový konflikt, i když se uživateli projekce může zdát dostatečně přesvědčivá a věrohodná.

Problém nevolnosti v prostředí VR je samozřejmě mnohem složitější. V podstatě však dochází ke konfliktu mezi vestibulárním systémem (systém vyvažování ve vnitřním uchu) a vizuálním (to co vnímá oko).

V roce 1970 zavedl Masahiro Mori termín uncanny valley, kterým popisuje pocit odporu k věcem, které nejsou reálné, ale jako reálné se jeví. K tomuto jevu dochází většinou vlivem CGI animací modelujících avatary, které vychází z podoby člověka. Moriho teorie vysvětluje, že člověk cítí větší důvěru k robotovi nebo animované postavě, která má podobnost s lidskou bytostí pouze v chování a povahových rysech. Tato teorie souvisí s pocity, které v uživateli virtuální realita vyvolává. [27]

6 SOFTWARE PRO VIRTUÁLNÍ REALITU

Prostor VR je dnes možné vytvářet mnoha způsoby. Je založen na textovém popisu jednotlivých objektů a jejich vlastností. Je však výhodné a efektivní využití prostředků poskytující grafické uživatelské prostředí. Takových je dnes k dispozici celá řada od účelových k vytvoření pouze virtuálních scén až po komplexní systémy podporující jak návrh a vytvoření objektů, tak i celých scén i realizaci dalších funkcí například pro hardware VR (např. rukavice a oblek). Byly vyvinuty na základě rozšíření standartních produktů pro CAD, CAM, animace, GIS a další. Produkty používanými pro tvorbu virtuálních objektů a 3D scén je 3DSM, IC, IDO, CONDUIT.

Vytvoření virtuální scény reprezentující technologický proces je velice komplikovaná záležitost. Sestavení jednotlivých objektů a jejich vzájemná vazba musí poskytovat uživateli dokonalou zpětnou vazbu.[5]

6.1 TVORBA VIRTUÁLNÍ SCÉNY 3D Sstudio MAX

Jedním z vhodných modelačních prostředků pro interpretaci prostorových dat je 3D Studio Max. Práce v 3D je Studio Maxu interaktivní a parametrická (Obr. 29). Skýtá výhodu ve snadném modelování bez předchozí úvahy jednotlivých postupných kroků, vše lze flexibilně měnit. 3D Max má objektovou architekturu, což v praxi znamená možnost snadného rozšíření o další systémové prvky.[5]

6.1.1 PROSTŘEDÍ 3D STUDIO MAX

Celkový postup při vytváření jednotlivých objektů virtuálního prostředí lze shrnout do pěti základních fází:

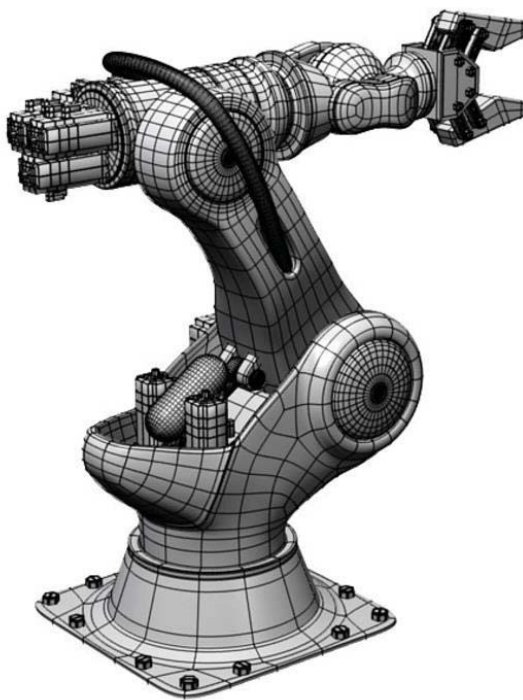
- tvorba modelu pomocí základních geometrických objektů
- tvorba speciálních geometrických tvarů pomocí rozšířených modulů
- nastavení typu ploch
- nastavení barev
- nasvícení modelu

6.1.2 HARDWAROVÉ NÁROKY

Podpora vícejádrových procesorů a víceprocesorových systémů v 3ds Max je jedna z nejlepších v oboru - zhruba platí, že dvoujádrový procesor je v 3ds Max skutečně dvakrát rychlejší a čtyřjádrový čtyřikrát rychlejší.

HARDWAROVÉ POŽADAVKY 3DS MAX 2017

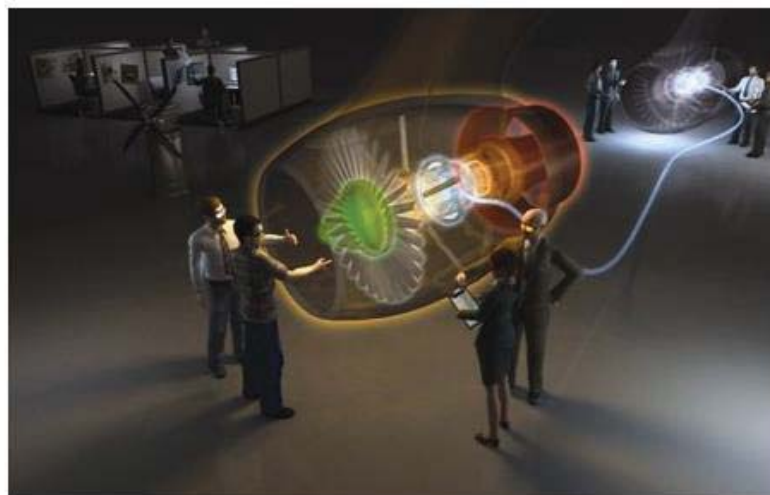
Doporučení: 64-bitový procesor Intel nebo AMD se SSE2 (podporováno i více procesorů), min. 4GB RAM (8GB pro větší scény), 6GB na disku, certifikovaná grafická karta 1024x768x16 mil.barev s min. 512MB RAM (1GB pro větší scény), podporující DirectX 11 nebo 10 (Shader Model 3.0) popř. OpenGL (využije se nVidia CUDA), Intellimouse, Windows 7sp1 nebo 8 nebo 10, 64-bit (popř. i video in/out, audio, MIDI). [28]



Obr. 29: Průmyslový robot vytvořený v 3D Studio Max [23]

6.2 IC.IDO VISUAL DECISION PLATFORM (VDP)

Software virtuální reality IC.IDO Visual Decision Platform (IC.IDO VDP) je balík programů určený jednak k ovládání a řízení výše představených imerzních systémů. Slouží také k vytváření, správě a projekci virtuálních scén. VDP umožňuje realistické zobrazení virtuálních prototypů v reálném čase a ve skutečné velikosti pro rychlejší a spolehlivější rozhodování. VDP sestává z několika modulů s různými funkcemi.[25]



Obr. 30: Software Visual Decision Platform [24]

IDO.Explore je kompletní soubor nástrojů pro vstup do světa virtuálního rozhodování. Nabízí všechny důležité funkce pro rychlé a správné rozhodování a umožňuje tento proces dokumentovat. Data z různých zdrojů lze sloučit a získat tak konzistentní vizualizaci jakéhokoliv výrobku. Mezi významné funkce tohoto modulu patří tvorba řezů virtuálním prototypem a jeho měření.

IDO.Package umožňuje přímou interakci s virtuálním výrobkem, který lze prohlížet, upravovat a analyzovat ze všech stran. Díky integrovaným dynamickým výpočtům kolizí v reálném čase lze provádět simulace montážních a demontážních procesů virtuálních produktů.

IDO.Ergonomics umožňuje kontrolu ergonomických parametrů prototypu pomocí 3D modelu člověka. Lze tak naplánovat vhodné umístění potřebných ovladačů, ověřit zorné pole obsluhy a podobně.

IDO.Flexible pomáhá při plánování a ověřování umístění všech flexibilních součástí, tj. hadic, kabelů a kabelových svazků na vyvíjeném prototypu.

IDO.Reflect je určen pro realistickou vizualizaci složitých produktů. Umožňuje v reálném čase měnit umístění světelných zdrojů, materiály, simulovat průběh denní doby atd.

IDO.Cooperate dovoluje vizualizaci produktu v reálném čase na různých pracovištích po celém světě. Prostřednictvím internetu lze pracovat na jednom výrobku najednou z různých pracovišť a v reálném čase hodnotit a upravovat jednotlivé vývojové varianty.

IDO.MultiInteract umožňuje připojení dalších ovládacích prvků a vstupních zařízení. Je tak možná například obouhruční interakce s ovladači Nintendo Wii.

IDO.Behave-Animation umožňuje vytváření animací pohybů jednotlivých částí virtuální

scény.

IDO.Connect je nástroj pro přímý import 3D dat z různých CAD modelářů a PLM systémů do prostředí Visual Decision Platform.

IDO.Pointcloud slouží k přímé vizualizaci bodových mraků, které jsou získávány mimo jiné také laserovým skenerem. Při zobrazení těchto bodů ve VDP nedochází k jejich triangulaci, čímž odpadá jeden z velmi složitých kroků procesu vizualizace tohoto typu dat.

IDO.Capture převádí 3D data včetně pohybu z grafické karty a přenáší je bez nutnosti exportu

přímo do VDP. Není tedy zapotřebí žádná konverze dat. Modul je založený na nejnovější MultiThreading technologii a tím celý proces vizualizace značně urychluje.

IDO.Present je určen pro prezentaci, dokumentaci a archivaci výsledků práce ve výše uvedených modulech. Výstup této prezentace je možný ve formě videosekvencí. [25]

6.3 CONDUIT

Software Conduit americké firmy Mechdyne (Obr. 31) zpracovává grafické příkazy aplikací nainstalovaných na stolním počítači (jako např. Catia V5, 3D Studio MAX, Google Earth a jiné) a distribuuje je na jednu nebo více grafických stanic – uzlů – řídicí imerzní zobrazovací systém. Každý uzel přijímá grafickou informaci a tu pak zobrazuje jako část geometrie výsledného stereoskopického obrazu. V současné době existuje software Conduit, jako nadstavba následujících konstrukčních, grafických a dalších aplikací: Pro/Engineer, SolidWorks, Inventor, V5 (Catia, Enovia, Delmia), Solid Edge, NX, Teamcenter Visualization Mockup, 3DS Max, Maya, Google SketchUp, ArcGIS, Google Earth, Showcase, Blender Game Engine Player, Flexim.[26]



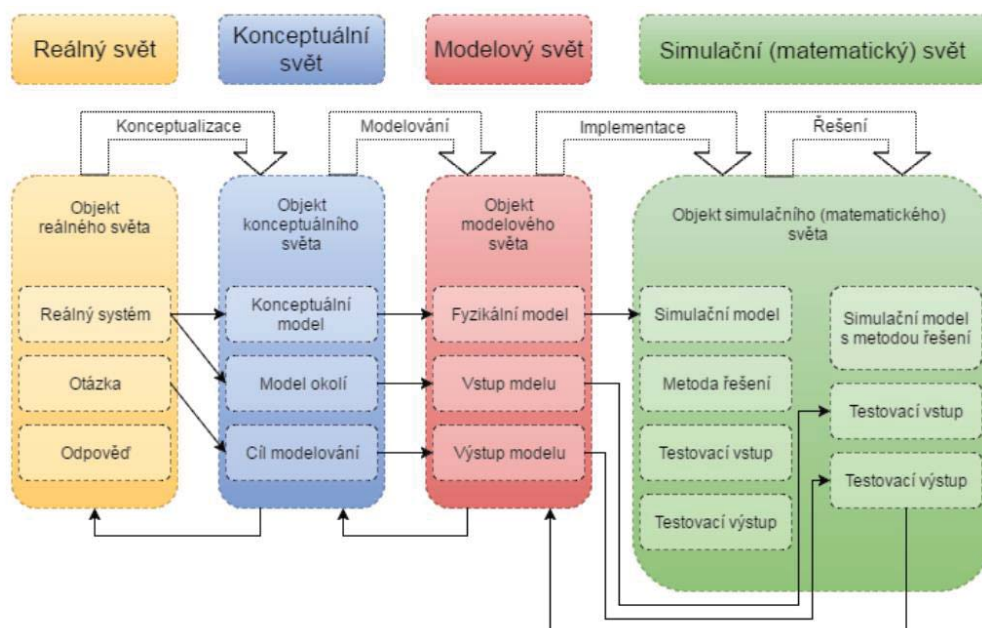
Obr. 31: Mechdyne CONDUIT prostředí CAVE 2 [25]

7 PRŮMYSLOVÁ APLIKACE VIRTUÁLNÍ REALITY

Aktuálními oblastmi nasazení virtuální reality jsou zejména vizualizace a ověřování konstrukčních návrhů, virtuální uvádění produktů do provozu, virtuální plánování layoutů továren a výrobních hal, plánování montážních operací včetně analýzy kolizí, ale také vizualizace určené pro podporu prodeje daného produktu. V oblastech zaškolení obsluhy a údržby vytvářejí virtuální scény ideální nástroj pro komplexní péči o zákazníka již před samotným náběhem výroby.[24]

7.1 VIRTUÁLNÍ PROTOTYP V PROCESU NÁVRHU OBRÁBĚCÍHO STROJE

Pojem virtuální prototyp (VP) představuje simulační model vyšetřovaného objektu či soustavy objektů. Jeho funkcí je náhrada fyzického prototypu za účelem snížení výrobních nákladů projektu. Pod tímto termínem se ukrývá nejen model přenesený do počítačové grafiky, zahrnuje také matematické řešení rovnic popisující chování a vlastnosti daného objektu. Tyto rovnice mohou být součástí počítačového programu, jedná se ale také o výpočtové části zaznamenané pomocí tužky a papíru. Modelovací postup VP je zobrazen na Obr 32.

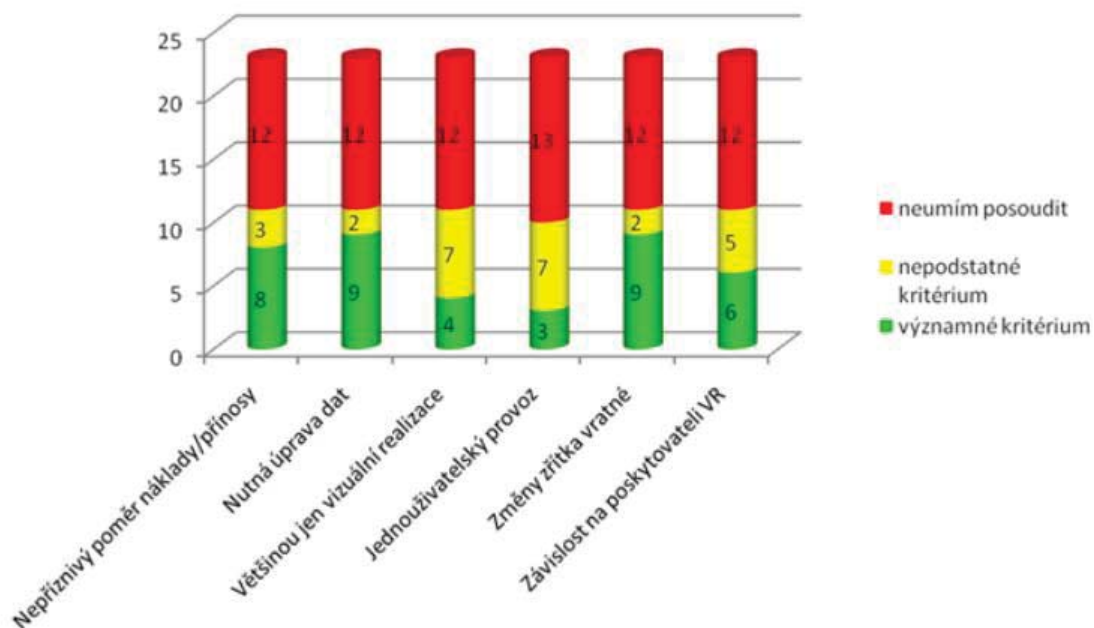


Obr. 32: Modelovací postup [29]

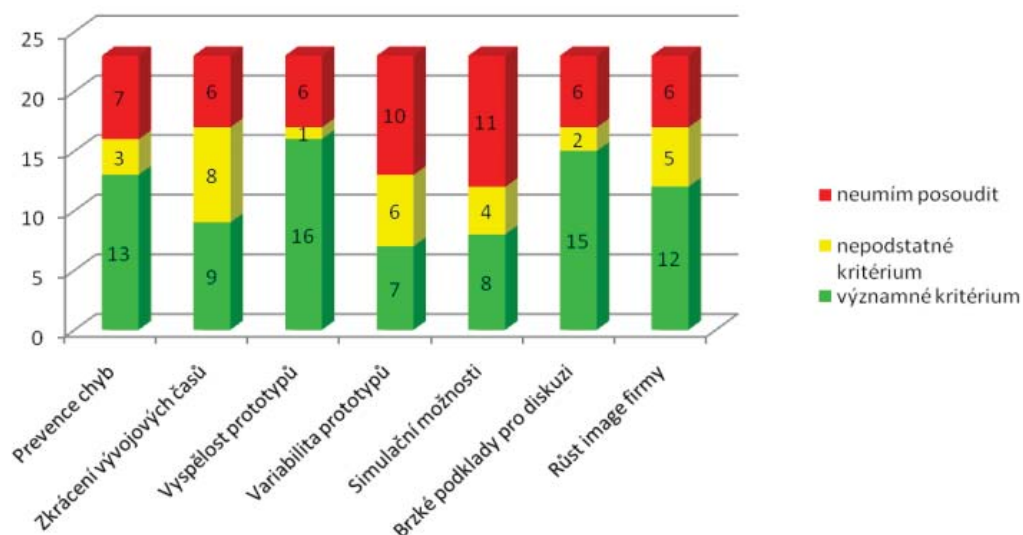
S virtuálním prototypem se lze setkat v mnoha odvětvích, kde se uplatňuje počítačově řešený projekt. V automobilovém průmyslu nachází uplatnění při crash testech. V lékařském odvětví usnadňuje výrobu technických zařízení. Slouží také pro testování nových typů materiálu, které by bylo obtížné a drahé aplikovat pomocí na reálném prototypu. Využívá se také při letecké nebo kosmické technice, kde by bylo testování fyzických prototypů v počátcích projektu velmi náročné a finančně nákladné. Virtuální prototyp taktéž nachází uplatnění při návrhu a analýze strojních součástí.[29]

7.2 FINANČNÍ NÁKLADY

Stále znovu je diskutována otázka nákladů na využití technologických postupů virtuální reality v průmyslu. Toto pro výrobce fundamentální kritérium by mělo být vždy posuzováno ve vztahu k potenciálním užitekům. Zkrácené doby vývoje, stoupající kvalita, zvýšená transparentnost pro zákazníky, možnost interdisciplinární kooperace a konkurenční náskok díky včasným marketingovým aktivitám mluví pro použití technologií virtuální reality. Tyto skutečnosti byly potvrzeny též průzkumem prováděným u respondentů z řad výrobců obráběcích strojů v Německu. Výsledky dotazování je možné vidět na grafu 1 a 2. [26]



Graf 1: Výhody nasazení VR z pohledu výrobců obráběcích strojů v SRN[26]



Graf 2: Nevýhody nasazení VR z pohledu výrobců obráběcích strojů v SRN[26]

7.2.1 VÝHODY A NEVÝHODY NAsAZENÍ VR

Výdaje na pořízení hardwarového a programového vybavení, náklady na zvýšenou náročnost integrace technologie VR do stávajícího řetězce vývojového procesu a náklady na zaškolení zaměstnanců je nutné uvažovat právě vzhledem k výše uvedeným ziskům a užitkům. V posledních letech však můžeme sledovat trend vedoucí ke stále intuitivnějšímu ovládání softwarů virtuální reality, stejně tak jako zvyšující se možnosti přímé vazby těchto softwarů do nynějších CAx-systémů. [26]

8 ZÁVĚR

Záměrem bakalářské práce bylo uvedení do problematiky virtuální reality, a to z hlediska fyziologického i technického. Dnes se výrobci příslušenství pro virtuální realitu zaměřují především na zrakový a sluchový vjem, pouze okrajově na možnosti využití hmatu. Tato technologie není příliš vyvinutá, a to pro její náročnost a nákladnost. Podobnou úroveň jako je mystifikace zraku nebo sluchu nelze totiž dosáhnout fyzickými podmínkami. Pro dokonalou iluzi hmatu by bylo zapotřebí cílit na mozkové centrum hmatu a to je již práce pro odborníky v oblasti lékařství.

VR v současné době na trhu velice populární, a to pro její dostupnost a relativně nízkou cenu. Nabízí nepřeberné oblasti uplatnění. Její výhoda dále spočívá v úspoře času, finančních prostředků a někdy i lidských zdrojů. VR má i negativní dopad na lidské zdraví v podobě nemoci zvané „virtual reality sickness“, která způsobuje bolesti hlavy a jiné obtíže.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Virtuální realita: Možnosti ovlivnění posturálních regulací prostřednictvím virtuální reality.* Praha, 2009. Dostupné také z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/130055933/?lang=cs>. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Mgr. Kateřina Mikešová.
- [2] *History Of Virtual Reality* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- [3] Matrix. In: *Nafilmu.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://nafilmu.cz/wp-content/uploads/2015/11/matrix.jpg>
- [4] AUKSTAKALNIS, Steve a David BLATNER. Reálně o virtuální realitě: umění a věda virtuální reality. Brno: Jota, 1994. Nové obzory. ISBN 80-85617-41-2.
- [5] KEBO, Vladimír a Oldřich KODYM. Virtuální realita a řízení procesů: [odborná publikace]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava ve vydavateltví Montanex, 2011. ISBN 978-80-7225-361-6.
- [6] Virtual Reality Business Communication Platform. In: *Wrldviz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.worldviz.com/wp-content/uploads/2016/12/SkofieldConceptImageWeb.jpg>
- [7] *Čítí a vnímání* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.samouk.cz/moodle/mod/presenter/view.php?open=1&id=116&chapterid=645>
- [8] RANDULOVÁ, Jana. Akomodace a konvergence [online]. Brno, 2008 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/175182/lf_b/. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Šárka Skorkovská.
- [9] Samsung Gear VR. In: *Techno stream* [online]. 2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://techno-stream.net/wp-content/uploads/2015/11/wp-id-samsung-gear-vr-2111153.jpg>
- [10] Cave. In: *Visbox* [online]. 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.visbox.com/wp-content/uploads/2015/03/viscube-c4-sw-600.png>
- [11] Cave. In: *Red / Blue Paper 3D Glasses* [online]. 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://oz3d.com.au/media/catalog/product/cache/1/image/265x265/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/5/_/5_1_1.jpg
- [12] Využití polarizace v 3D kině. In: *Red / Blue Paper 3D Glasses* [online]. 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://polar-peza.euweb.cz/img/4_12.jpg
- [13] Spektrum viditelného záření. In: *Labo* [online]. 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.labo.cz/mft/img/spektrum.gif>

- [14] Frames Per Second (FPS). *Technopedia* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/7297/frames-per-second-fps>
- [15] PC world. PC world [online]. 2016 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: www.pcworld.com
- [16] ELUC. In: *ELUC* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz>
- [17] GARČICOVÁ, Iva. *Šíření zvuku Zvuk se šíří jen látkovým prostředím* [online]. In: . 2011 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3217916/>
- [18] Multi-Channel Surround Sound Systems. In: *Circuitstoday* [online]. 2011 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: circuitstoday.com
- [19] AGUILAR, Mario. Razer Tiamat: First Legit 7.1 Surround Gaming Headset Read more at <https://www.gizmodo.com.au/2011/08/razer-tiamat-the-first-legit-7-1-surround-sound-gaming-headset/#y7oSsdAiHPVCGscm.99>. In: *Gizmodo* [online]. 2011 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: gizmodo.com
- [20] Typy brusného (smirkového) papíru. In: *Nase info* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/typy-brusneho-smirkoveho-papiru>
- [21] *Dexmo Virtual Reality Glove Brings Feeling to Virtual Worlds* [online]. In: . [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.thecoolist.com/dexmo-virtual-reality-glove/>
- [22] , Paul. Tactile body suit could let virtual reality users feel the action they are seeing. In: *Futuristech* [online]. 2016 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://futuristech.info/posts/tactile-body-suit-could-let-virtual-reality-users-feel-the-action-they-are-seeing>
- [23] Industrial robot 3D model. In: *Cgtrader* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://img-new.cgtrader.com/items/24126/9564e79038/industrial-robot-3d-model-obj-3ds-fbx-blend.jpg>
- [24] Virtuální realita přináší správná rozhodnutí. In: *Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/11_2013_71_1384168609/mecas_obr_01.jpg
- [25] CAVE2. In: *Http://top10bestlist* [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://top10bestlist.in/cave.jpg>
- [26] NOVOTNÝ, T.: Využití technologie virtuální reality v analýze rizik a bezpečnosti výrobních strojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 107 s. Vedoucí dizertační práce doc. Dr. Ing. Radek Knoflíček.
- [27] CHATRŇÁ, Lucie. *Využití virtuální reality v rámci filmové tvorby*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Martina Ivičič.
- [28] Cad studio. *Cad studio* [online]. 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/>

- [29] KREJČÍŘÍK, P. Virtuální prototyp v procesu návrhu obráběcího stroje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 67 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vetiška, Ph.D..

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	anglický význam	český překlad
2D	two-dimensional space	dvou rozměrný prostor
3D	three-dimensional space	tří rozměrný prostor
3DSM	-----	3D Studio Max
C.l.	Center of left	centrum levého oka
C.r.	Center of right	centrum pravého oka
CAD	Computer aided design	počítačem podporované projektování
CAM	Computer aided manufacturing	Počítačová podpora obrábění
FPS	Frames per second	Počet snímků za sekundu
HMD	Head-Mounted Display	projekční helma
LCD	liquid crystal display	Displej z tekutých krystalů
PLM	Product Lifecycle Management	Řízení životního cyklu výrobku
VDP	-----	visual decision platform
VP	virtual prototype	virtuální prototyp
VR	virtual reality	virtuální realita