



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

Využití rozšířené reality ve výrobě Škoda Auto a.s.

Bakalářská práce

Studijní program: B2646 – Informační technologie
Studijní obor: 1802R007 – Informační technologie

Autor práce: **Luděk Naiman**
Vedoucí práce: Ing. Petr Kretschmer





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

Using of the extended/augmented reality in the production of Škoda Auto a.s.

Bachelor thesis

Study programme: B2646 – Information Technology
Study branch: 1802R007 – Information Technology

Author: **Luděk Naiman**
Supervisor: Ing. Petr Kretschmer



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Luděk Naiman**
Osobní číslo: **M15000045**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Informační technologie**
Název tématu: **Využití rozšířené reality ve výrobě Škoda Auto a.s.**
Zadávací katedra: **Ústav nových technologií a aplikované informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši dostupných technologií VR, XR a AR (virtual, extended a augmented reality)
 - a) shrnutí dostupných typů zařízení (přehled)
 - b) výhody a nevýhody z hlediska použití ve výrobě
 - c) rešerše vývojových nástrojů pro tyto technologie
 - d) zdůvodněná doporučení na základě bodu b) případně c)

2. Realizujte aplikace pro AR do provozu montáže ve Škoda Auto a.s. (pomocí prostředků a technologií na základě doporučení z bodu 1. d)
 - a) Případová studie pro konkrétní pracoviště ve výrobě (Repass)
 - b) Analýza
 - c) Implementace pomocí vhodných prostředků

3. Zhodnoťte závěrečné výsledky

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- [1] Okita A., **Learning C# Programming with Unity 3D**, CRC Press, 2014
[2] Smitch, M., **Unity 5.x Cookbook**, Packt Publishing, 2015

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Kretschmer**
Ústav nových technologií a aplikované informatiky
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Chládek**
Škoda Auto a.s.
Ostatní konzultanti: **Ing. Tomáš Němeček**
Škoda Auto a.s.
Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2018**

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan



Ing. Josef Novák, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 19. října 2017

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 6. 9. 2018

Podpis: 

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat zadavatelům této práce Ing. Janu Chládkovi a Ing. Tomáši Němečkovi ze Škoda Auto a.s. za příležitost pracovat na tomto zajímavém a pro mě velice přínosném tématu bakalářské práce. Děkuji jim za podporu a dobré rady při mé práci, zvláště pak za rychlou odezvu a pomoc při získání nutných podkladů.

Děkuji svému vedoucímu práce Ing. Petru Kretschmerovi za cenné rady, trpělivost, správné směrování, poskytnuté zázemí a osobní podporu. Dále děkuji Ústavu nových technologií a aplikované informatiky TUL za poskytnutí potřebného zařízení.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům za podporu během mého dosavadního studia a za to, že mi umožnili tuto práci úspěšně dokončit.

Abstrakt

Tato práce shrnuje problematiku a technologie rozšířené a virtuální reality a následně vytvoření ukázkové aplikace v herním engine Unity pro Škoda Auto a. s. V práci jsou popsány technologie pro virtuální a rozšířenou realitu a rozdíly mezi nimi, technologie umožňující orientaci ve virtuálním prostředí a je zmíněna problematika spojená s fyziologií člověka. Práce je doplněna o seznamy zařízení různých technologií rozšířené reality. Krátce je pojednáno i o herních enginech, ve kterých je možné vytvořit aplikaci pro rozšířenou realitu. Ukázková aplikace pro Škoda Auto prezentuje možnosti virtuální reality a způsoby ovládání, které nabízí. Aplikace je vytvořena ve zmíněném herním engine Unity a skripty jsou napsány v jazyce C#. Modely součástí automobilu byly dodány společností Škoda Auto a.s.

Klíčová slova

Škoda Auto a. s., Unity, virtuální realita, rozšířená realita

Abstract

This work summarises a topic and technology of augmented and virtual reality and following creation of sample application in Unity game engine for Škoda Auto a.s. The work explains virtual and augmented reality technologies, and their differences, the technology allowing orientation in virtual space, and mentions a topic of human physiology and related possible problems. The work contains a list of various devices of distinctive extended reality technologies. There is a short passage discussing a topic of game engines, which can be used to create an application for extended reality. The sample application for Škoda Auto presents available possibilities of virtual reality and its control mechanisms. The application is created in aforementioned Unity game engine and its scripts are written in C#. The automobile part models were delivered by Škoda Auto a. s. company.

Key Words

Škoda Auto a. s., Unity, virtual reality, augmented reality

Obsah

Seznam obrázků.....	11
Seznam zkratk.....	13
1 Úvod.....	14
2 Úvodní informace a terminologie.....	15
2.1 Typy realit.....	15
2.1.1 Rozšířená realita (Augmented reality - AR) [1].....	15
2.1.2 Virtuální realita (Virtual reality - VR) [2].....	15
2.1.3 Hybridní realita (Mixed Reality - MR) [3].....	15
2.2 Použitá terminologie.....	15
2.2.1 Zařízení VR/AR/MR.....	15
2.2.2 Náhlavní souprava.....	15
2.2.3 Brýle.....	15
2.2.4 Zorný úhel.....	16
2.2.5 Rozlišení.....	16
2.2.6 Akcelerometr.....	16
2.2.7 Gyroskop.....	16
2.2.8 Magnetometr.....	16
2.2.9 Hloubková kamera.....	16
2.2.10 Prostorové mapování.....	17
3 Seznam zařízení.....	18
3.1 Minimální požadavky.....	18
3.2 Zařízení pro rozšířenou realitu (AR).....	18
3.2.1 HoloLens.....	18
3.2.2 Meta 2.....	18
3.2.3 Zařízení typu Smart Glasses.....	19
3.2.3.1 Atheer Air.....	19
3.2.3.2 Epson Moverio.....	19
3.2.3.3 GlassUp Uno.....	19
3.2.3.4 Golden-I.....	19
3.2.3.5 Shima.....	20
3.2.3.6 ORA-2.....	20

3.2.3.7	Recon Jet	20
3.2.3.8	Vuzix M300.....	20
3.3	Zařízení pro virtuální realitu (VR).....	21
3.3.1	Zařízení Windows Mixed Reality.....	21
3.3.1.1	Acer Windows Mixed Reality	21
3.3.1.2	Asus Windows Mixed Reality.....	22
3.3.1.3	Dell Visor	22
3.3.1.4	Samsung HMD Odyssey	22
3.3.2	Nezávislá VR zařízení	23
3.3.2.1	Fove VR.....	23
3.3.2.2	HTC Vive	23
3.3.2.3	Oculus Rift.....	24
3.3.2.4	Razer OSVR HDK 1.4	24
3.3.2.5	Star VR	24
3.3.3	Vizory	25
3.3.3.1	Avegant Glyph.....	25
3.3.3.2	Dlodlo v1	25
3.3.3.3	Exchimp VR	26
3.3.3.4	LG 360 VR	26
3.3.4	HandHeld.....	27
3.3.4.1	Samsung Gear VR	27
3.3.4.2	Evolveo VRC-4	27
3.3.4.3	I am Cardboard V2	27
3.3.4.4	ColorCross 010.....	28
4	Důležité možnosti a vlastnosti zařízení pro MR.....	29
4.1	Interakce s uživatelem.....	29
4.1.1	Snímání polohy	29
4.1.2	Pohybové ovladače	29
4.1.3	Gesta	29
4.1.4	Interakce pohledem.....	30
4.1.5	Snímání pohybu očí	30
4.1.6	Ovládání hlasem	30
4.2	Problematické aspekty použití MR zařízení	31
4.2.1	Kinetóza.....	31

4.2.2	Dioptrické brýle	31
4.2.3	Hmotnost náhlavních souprav	31
4.2.4	Fixace náhlavních souprav.....	31
4.2.5	Propojení s výkonným počítačem – Kabely	32
4.2.6	Provoz z akumulátorů	32
4.3	Programová podpora vývoje pro VR	33
4.3.1	Herní enginy pro VR.....	33
4.3.2	Vývoj s pomocí SDK.....	34
4.3.3	Vývoj pro mobilní telefony a tablety	34
5	Volba vhodného zařízení pro MR aplikaci ve výrobě Škoda Auto a.s.	35
5.1	VR nebo AR?	35
5.2	Ovladače.....	35
5.3	Mobilita zařízení	35
5.4	Prostor pro data	36
5.5	Komunikace se síťovou infrastrukturou.....	36
5.6	Podpora a dostupnost	36
5.7	A vítězem se stává.....	36
6	Návrh aplikace pro AR zařízení.....	37
6.1	Možnosti implementace zobrazení informace v prostředí AR.....	37
6.2	Případové studie implementace AR	37
6.2.1	Repační linka.....	37
6.2.2	Virtuální školící centrum	38
6.2.3	Příprava nové linky pro výrobu	39
6.3	Zakončení rešeršní práce.....	39
7	Analýza praktického řešení.....	40
7.1	Volba mezi AR a VR	40
7.2	Jaká by měla být moje aplikace?.....	40
7.3	Co by měla aplikace obsahovat.....	41
7.3.1	Zaškolení.....	41
7.3.2	Pohyb uživatele v prostoru VR.....	41
7.3.3	Interakce uživatele s prostředím ve VR.....	41
7.3.4	Způsob předávání či zprostředkování informací	42
8	Zařízení WMR Acer podrobněji [17]	43
8.1	Požadavky na Hardware [63]	43

8.2	Ovladače.....	44
8.3	Windows Mixed Reality Portal.....	45
9	Praktická realizace	47
9.1	Volba vývojových nástrojů	47
9.1.1	Vývojové prostředí	47
9.1.2	Herní engine.....	47
9.1.3	Další nástroje	48
9.2	Podklady od zadavatele.....	48
9.3	Konverze dat	49
9.3.1	Unity a importní formáty 3D dat	49
9.3.2	Konverzní aplikace	49
9.4	Vývoj aplikace v Unity	52
9.4.1	Editační skripty.....	52
9.4.2	Řídící skripty objektů.....	52
9.4.3	Testovací místnost	53
9.5	Výsledná aplikace	54
9.5.1	Zastavení první – úvodní zaškolení	54
9.5.2	Zastavení druhé – Přehrávání zvukových stop	56
9.5.3	Zastavení třetí - Pohyb předměty.....	56
9.5.4	Zastavení čtvrté - Stanoviště se zvedákem	58
9.5.5	Zastavení páté - Projektor součástí	59
9.5.6	Zastavení šesté – Ukázka videa	62
9.6	Zdrojové kódy aplikace.....	63
9.7	Video ukázka z běhu aplikace.....	63
10	Závěr	64
11	Reference	65

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka zorného úhlu.....	16
Obrázek 2: Příklad vizualizace prostorového mapování	17
Obrázek 3: Vizualizace dat z hloubkové kamery	17
Obrázek 4: MS HoloLens	18
Obrázek 5: Meta 2.....	18
Obrázek 6: Atheer Air.....	19
Obrázek 7: Epson Moverio BT-300.....	19
Obrázek 8: GlassUp Uno	19
Obrázek 9: Golden-I	19
Obrázek 10: Shima.....	20
Obrázek 11: ORA-2	20
Obrázek 12: Recon Jet	20
Obrázek 13: Vuzix M300	20
Obrázek 14: Acer WMR	21
Obrázek 15: Asus WMR.....	22
Obrázek 16: Dell Visor	22
Obrázek 17: Samsung HMD Odyssey.....	22
Obrázek 18: Fove VR	23
Obrázek 19: HTC Vive	23
Obrázek 20: Oculus Rift	24
Obrázek 21: Razer OSVR.....	24
Obrázek 22: Star VR.....	24
Obrázek 23: Avegant Glyph	25
Obrázek 24: Dlodlo V1	25
Obrázek 25: Exchimp VR.....	26
Obrázek 26: LG 360 VR	26
Obrázek 27: Samsung Gear VR.....	27
Obrázek 28: Evolveo VRC-4.....	27
Obrázek 29: I am Cardboard V2	27
Obrázek 30: ColorCross 010.....	28
Obrázek 31: Logo Unity enginu	33
Obrázek 32: Logo Unreal enginu.....	33
Obrázek 33: Logo Cry enginu	34
Obrázek 34: Názorný popis ovladače	44
Obrázek 35: Ovladače pro WMR	45
Obrázek 36: Prostředí Mixed Reality Portal.....	46
Obrázek 37: Google Earth ve Steam VR s WMR se zobrazenými HTC Vive ovladači	47
Obrázek 38: Logo konverzní aplikace 3D juump	50
Obrázek 39: Logo aplikace Autodesk Netfabb	50
Obrázek 40: Aplikace Autodesk Netfabb	51
Obrázek 41: Popis struktury objektu v unity	53
Obrázek 42: První testovací scéna s animovanými dveřmi a kapotou	54
Obrázek 43: Úvodní seznámení s ovládacími prvky	55

Obrázek 44: Schéma propojení tříd tutoriálu.....	55
Obrázek 45: Stanoviště Test zvuku	56
Obrázek 46: Stanoviště Test pohybu	57
Obrázek 47: Znázornění pohybu s objektem	57
Obrázek 48: Ukázka stanoviště Zvedáku se zapnutou kategorií karoserie a diesel.....	59
Obrázek 49: Stanoviště Projektor součástek - složený motor.....	60
Obrázek 50: Stanoviště Projektor součástek - rozložený motor	61
Obrázek 51: Znázornění odtahování objektů ve 2D	61
Obrázek 52: Ukázka videa a popisu ovladače	62
Obrázek 53: QR kód s odkazem na videoukázku z aplikace	63

Seznam zkratek

API	-	Application Programming Interface (rozhraní pro programování aplikací)
AR	-	Augmented reality (rozšířená realita)
FOV	-	Field of view (zorný úhel)
HD	-	High Definition (vysoké rozlišení)
HR	-	Hybridní realita, ekvivalent pro Mixed Reality
HUD	-	Head up display (průhledový display)
IMU	-	Inertial Measurement Unit (jednotka inerciálního měření)
IR	-	Infrared (infračervený)
LCD	-	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
LED	-	Light-Emitting Diode (světelná dioda)
MR	-	Mixed Reality (hybridní realita)
MS	-	Microsoft
PC	-	Personal Computer (osobní počítač)
SDK	-	Software Development Kit
ŠA	-	Škoda Auto a.s.
VR	-	Virtual reality (virtuální realita)
WiFi	-	Wireless Fidelity (standard bezdrátového přenosu dat)
WMR	-	Windows Mixed Reality

1 Úvod

Společnost Škoda Auto a. s. se v rámci svého programu inovací rozhodla zaměřit na využití technologie rozšířené reality pro nasazení přímo ve výrobě. Protože společnost s tímto tématem nemá dostatečné zkušenosti, rozhodla se ho zadat jako bakalářskou práci.

Jako první krok bylo potřeba zpracovat rešerši, která shrne a vysvětlí základní terminologii a bude zároveň sloužit jako úvod do problematiky hybridní reality pro společnost Škoda Auto a.s. Vedle dělení na virtuální, rozšířenou a hybridní realitu je potřeba vysvětlit i základní parametry týkající se zobrazovacích displejů.

Rozšířená realita není úplně nová technologie, ale s vývojem a dostupností moderních LCD displejů je teprve nyní na trhu nepřehledné množství zařízení, ze kterých je potřeba vybrat to nejvhodnější. K tomuto účelu je třeba tyto zařízení kategorizovat a sestavit seznam skupin podobných zařízení. Následně lze z toho seznamu zařízení z požadované kategorie zvolit na základě technických parametrů to správné zařízení pro naši aplikaci.

Interakce s virtuálním prostředím může být různá, například určováním polohy náhlavní soupravy, ovládání scény pomocí ovladačů nebo gesty. Protože možnosti využití rozšířené reality ve výrobě jsou široké, je vhodné nastínit i možné oblasti využití. Jelikož dochází k nahrazení či doplnění přirozeného prostředí virtuálním, může docházet k situacím, které mohou vyvolat u uživatele problémy, a je potřeba s nimi také počítat.

Vytvoření aplikace, kterou by bylo možné přímo využít v provozu, je příliš obsahově i časově náročné. Proto lze předpokládat vytvoření aplikace pro zařízení virtuální reality. Na základě případové studie je možné se rozhodnout, které funkce bude vhodné prezentovat, a které vhodně představí možný budoucí potenciál ve výrobě.

2 Úvodní informace a terminologie

Na úvod je třeba říci několik úvodních definic, které osvětlí používanou terminologii. Pomohou lépe porozumět textu a je to dobrý začátek pro pochopení celého tématu.

2.1 Typy realit

V tomto textu je hojně používáno slovo realita. Obvykle se k němu váže přídavné jméno, které určuje, o jaký typ reality se jedná.

2.1.1 Rozšířená realita (Augmented reality - AR) [1]

Zařízení pro AR pracují s reálným prostředím a doplňují ho o objekty vygenerované počítačem, popřípadě překrývají část reálného obrazu (například místo prázdného rámu dokreslí obraz). Toto rozšíření lze využít i pro čelní zobrazování informací jako HUD (head - up display), na kterém se mohou zobrazovat například hodiny, seznam součástek nebo postup práce, tedy informace, které nejsou přímo spojené s reálným prostorem.

2.1.2 Virtuální realita (Virtual reality - VR) [2]

Na rozdíl od AR je prostředí kompletně vykreslované počítačem. Oční kontakt s realitou je kompletně odstíněn a je nahrazen obrazem z displeje či páru displejů. Stále je možnost pracovat s okolním prostředím pomocí předních kamer, pokud jimi zařízení disponuje.

2.1.3 Hybridní realita (Mixed Reality - MR) [3]

MR (MR) představuje modifikovanou realitu obecně a tak v sobě zahrnuje vše od rozšířené po úplnou virtuální realitu.

2.2 Použitá terminologie

2.2.1 Zařízení VR/AR/MR

Zařízením v tomto kontextu myslíme obecně zařízení nebo část celého systému, které umí předat uživateli vjem příslušného typu reality.

2.2.2 Náhlavní souprava

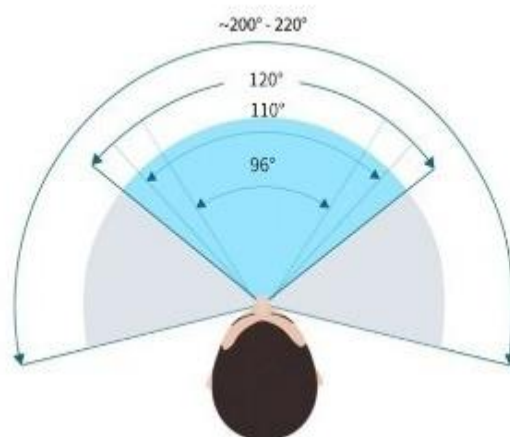
Představuje systém, který si uživatel upevní na hlavu, a který mu předává prostřednictvím zraku a sluchu informace třeba i v 3D. Může být doplněn o elektroniku snímající pohyb hlavy a případně i pohyb uživatele.

2.2.3 Brýle

Brýle jsou v našem případě myšleny zjednodušené verze náhlavních souprav, které nemusí vždy poskytovat vjem 3D prostoru, ale jsou schopné zobrazit uživateli informace.

2.2.4 Zorný úhel

V našem případě se jedná o úhel, který určuje výseč, do které je zařízením pro VR/AR promítána obrazová informace pro jedno oko. Čím větší tento úhel je, tím blíže odpovídá výsledek obvyklému prostorovému vnímání uživatele. Zorný úhel, (angl. Field of View – FOV [4]), může mít jinou hodnotu pro horizontální i vertikální směr. Poměr těchto hodnot odpovídá pak také poměru rozlišení použitých displejů v horizontálním a vertikálním směru.



Obrázek 1: Ukázka zorného úhlu

2.2.5 Rozlišení

Určuje kvalitu zobrazení informace v displejích zařízení. Čím větší počet bodů, tím detailněji může být obraz vykreslen a tím lepší je pocit uživatele při vnímání daného typu reality.

2.2.6 Akcelerometr

Převádí velikost sil působící na obvod akcelerometru v elektrický signál nebo přímo na informaci nesoucí konkrétní hodnoty těchto sil. Je například schopen zaznamenat gravitační sílu a podle jejího vektoru lze pak odvodit náklon zařízení v prostoru.

2.2.7 Gyroskop

Zařízení, které je schopné určit naklonění souřadné soustavy. V kombinaci s akcelerometrem je podle získaných dat možné rekonstruovat provedený pohyb.

2.2.8 Magnetometr

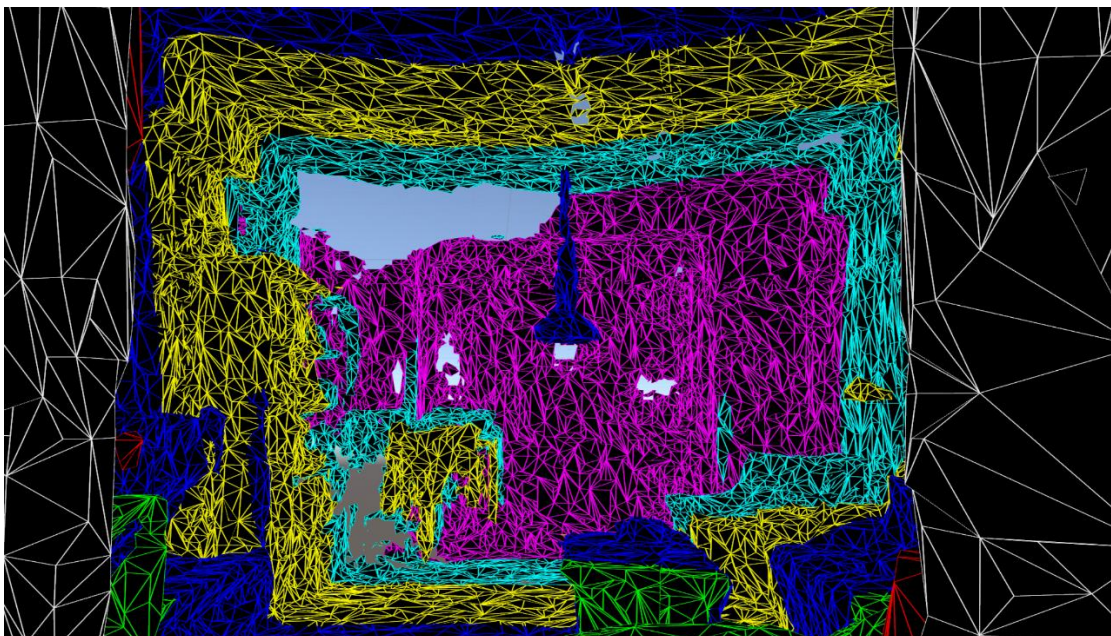
Elektronické zařízení, které je schopné detekovat magnetické pole a určit směr jeho siločar. Může fungovat jako kompas.

2.2.9 Hloubková kamera

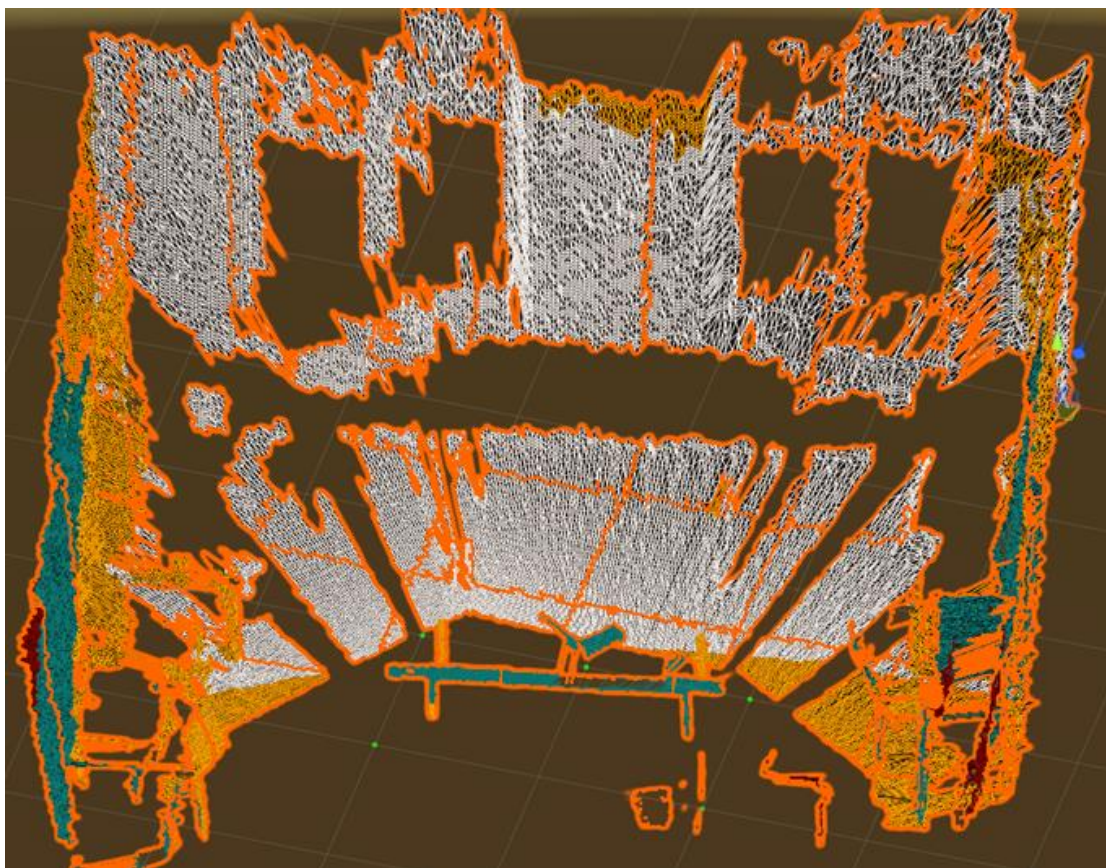
Hloubková kamera je zařízení, které místo obrazu předává hodnoty vzdáleností od kamery k bodům na reálných předmětech, které snímá. Součástí kamery bývá také osvětlovací IR jednotka.

2.2.10 Prostorové mapování

Jedná se o český ekvivalent pro tzv. Spatial mapping. Ten řeší převedení reálného 3D obrazu na digitální 3D model. Obvykle se k tomuto účelu používá hloubková kamera nebo soustava hloubkových kamer. Výsledkem bývá trojúhelníková síť 3D modelu, která s určitou mírou přesnosti odpovídá reálnému prostředí.



Obrázek 2: Příklad vizualizace prostorového mapování



Obrázek 3: Vizualizace dat z hloubkové kamery

3 Seznam zařízení

3.1 Minimální požadavky

Každé z dále popsaných či uvedených zařízení má svoje specifické vlastnosti a schopnosti. Často pro svojí funkci vyžaduje další podpůrné zařízení (počítač), pro které jsou definované tzv. minimální požadavky. Uvedením všech možných parametrů u většiny zařízení by následující seznam ztratil na přehlednosti. Proto jsem se je rozhodl vynechat. Přidal jsem odkaz na webové stránky výrobce, kde je možné tyto požadavky v případě zájmu dohledat.

3.2 Zařízení pro rozšířenou realitu (AR)

Brýle promítají objekty přímo do prostoru a dále pracují s jejich polohou, jako by byly skutečné. Takovým objektům říkáme hologramy. Také je možné zobrazovat textové informace na HUD.

3.2.1 HoloLens

Jako jedny z mála mají výpočetní jednotku a akumulátor přímo v zařízení a tak nepotřebují propojení s počítačem. Jsou vybaveny možností bezdrátového WiFi připojení k síti. Umí prostorový zvuk. Jsou schopny prostorového mapování prostředí.

Zorný úhel	~60° [1]
Propojení s počítačem	Ne
Váha	579g
Cena (výrobce)	110000 Kč
Výdrž baterie	2 - 3 hodiny



Obrázek 4: MS HoloLens

[Odkaz na web výrobce.](#) [4]

Další články a informace: [5], [6]

3.2.2 Meta 2

Zorný úhel	90°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	500g
Cena	23099 Kč



Obrázek 5: Meta 2

[Odkaz na web výrobce.](#) [7]

[Odkaz na web prodejce.](#) [8]

3.2.3 Zařízení typu Smart Glasses

Zařízení připomínají svým vzhledem obyčejné brýle s přidaným zařízením na obroučce. Brýle pracují s rozšířenou realitou, neumožňují ovšem zobrazovat hologramy v prostoru, ale pouze informace na HUD (průhledový display). Brýle mají často již předem nastavený software, do kterého nelze zasahovat. Jejich výhodou je nízká váha, mobilita a elegantní design.

Seznam zařízení neobsahuje brýle, které jsou pouze pro vzdálené ovládání mobilu nebo mají pouze zabudovanou kameru. Tedy ty, které neslouží ke grafické vizualizaci informací.

3.2.3.1 Atheer Air

Brýle Atheer Air [9] jsou na pomezí kategorie Smart Glasses a zařízením pro rozšířenou realitu. Jsou primárně určeny pro techniky a opraváře v průmyslu. Obraz zobrazují na virtuální monitor do prostoru pár desítek centimetrů od oka uživatele. Zařízení lze ovládat gesty. Brýle disponují velice výkonným hardwarem a do budoucna mají velký potenciál. Jsou ale stále ve vývoji a jejich cena přesahuje 60 000 Kč.



Obrázek 6: Atheer Air

3.2.3.2 Epson Moverio

Informace se zobrazují přímo na skla brýlí [10]. Brýle mají přední kameru, která umožňuje interakci s okolním prostředím. Zařízení lze například využít k zobrazení obrazu z kamery pilotovaného dronu.



Obrázek 7: Epson Moverio BT-300

3.2.3.3 GlassUp Uno

Zobrazuje jednoduché informace přímo na skla brýlí [11] ve formě textu nebo ikon (například navigaci nebo SMS zprávy).



Obrázek 8: GlassUp Uno

3.2.3.4 Golden-I

Nejedná se o klasické smart glasses [12]. Informace se zobrazují na malý displej umístěný pod okem. Displej představuje virtuální 15 palcový monitor. Zařízení nepotřebuje další externí zařízení a je plně upravitelné.



Obrázek 9: Golden-I

3.2.3.5 Shima

Designové brýle [13], které informace vykreslují ve formě HUDu. Zobrazují například zprávy, rychlost běhu/jízdy autem nebo hodiny. Obecně nahrazují displej mobilního telefonu. Využívají obě skla brýlí jako displej. Nepotřebují externí zařízení.



Obrázek 10: Shima

3.2.3.6 ORA-2

Zařízení ORA-2 [14] funguje na podobném principu jako bývalé Google Glasses. Zobrazují informace přímo na sklo brýlí. Zobrazovací plocha je ale pouze pro jedno oko. Brýle nabízí podobně jako předchozí zařízení navigaci, ale i osobní asistenci nebo volání.

Ovládání je možné pomocí potenciometru na okraji obrouček nebo hlasem. Není potřeba externí zařízení.



Obrázek 11: ORA-2

3.2.3.7 Recon Jet

Zařízení Recon Jet [15] je určeno pro cyklisty. Zobrazuje informace o jízdě jako například rychlost, ujetou vzdálenost nebo hodiny. Není potřeba externí zařízení.



Obrázek 12: Recon Jet

3.2.3.8 Vuzix M300

Vuzix M300 [16] je srovnatelné se zařízením ORA-2. Rozdíl je v zobrazování na displej, který je pár centimetrů před okem. Lze ho polohovat nahoru, dolů nebo naklánět.



Obrázek 13: Vuzix M300

3.3 Zařízení pro virtuální realitu (VR)

Okolní realita je kompletně nahrazena virtuálním obrazem. Kolem samotného uživatele je tedy vytvořeno virtuální prostředí, ve kterém se lze i pohybovat.

Pokud zařízení umožňuje volný pohyb uživatele ve VR snímáním jeho pohybu v reálném prostředí, je toto zajištěno jedním z těchto způsobů:

- **Inside-Out Tracking**
Náhlavní souprava využívá ke snímání pohybu v reálném prostředí například akcelerometry, gyroskopy, magnetometry, normální či hloubkové kamery. Tento pohyb je vyhodnocen a přenesen do VR.
- **Outside-In Tracking**
Využívá pevně umístěných (stojany, fixace na zdi) zařízení (např. kamery) ke sledování pohybu uživatele v reálném prostoru. Informace z nich jsou zpracovány a detekovaný pohyb je převeden do VR.

3.3.1 Zařízení Windows Mixed Reality

Jedná se o novinku (v době psaní tohoto textu, tj. přelom roku 2017/18), která je v prodeji od 17. října 2017 a je provázána s updatem operačního systému Windows 10 Fall Creators Update. Do programu WMR se zapojili přední výrobci hardware počítačů. Jejich zařízení se parametrově liší jen minimálně (rozdíly jsou uvedeny) a dá se asi říci, že se liší spíše jen vzhledem. Základem je vždy nutnost propojení WMR zařízení s výkonným počítačem. WMR zařízení mohou pracovat v módu seated/standing a „volného“ pohybu na ploše (cca 1,5 x 2,0 m). Jsou schopny tedy mapovat pohyb uživatele, ale pouze v omezeném prostoru.

WMR zařízení využívají několik Bluetooth ovladačů od Microsoftu (jsou stejné pro všechny WMR zařízení), kterými uživatel provádí interakci v prostředí VR.

3.3.1.1 Acer Windows Mixed Reality

Zorný úhel	95°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	440
Cena	11990 Kč



Obrázek 14: Acer WMR

Poznámka: Vybaveno konektorem pro vlastní sluchátka. Lze ovládat kontroléry.

[Odkaz na web výrobce.](#) [17]

[Odkaz na web prodejce.](#) [18]

3.3.1.2 Asus Windows Mixed Reality

Zorný úhel	95°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	400g
Cena	12 999 Kč



Obrázek 15: Asus WMR

Poznámka: Zařízení je možné ovládat kontroléry.

[Odkaz na web výrobce.](#) [19]

[Odkaz na web prodejce.](#) [20]

[Další informace a články.](#) [21]

3.3.1.3 Dell Visor

Zorný úhel	110°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	~450g
Cena	11499 Kč



Obrázek 16: Dell Visor

Poznámka: Zařízení je možné ovládat kontroléry.

[Odkaz na web výrobce.](#) [22]

[Odkaz na web prodejce.](#) [23]

3.3.1.4 Samsung HMD Odyssey

Zorný úhel	110°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	645g
Cena (výrobce)	~10859 Kč



Obrázek 17: Samsung HMD Odyssey

Poznámka: Zařízení má zabudovaná sluchátka. Lze ovládat kontroléry.

[Odkaz na web výrobce.](#) [24]

3.3.2 Nezávislá VR zařízení

Zařízení v této kapitole uvedená se vyznačují tím, že se jedná o zajímavá řešení a výrobky, za kterými nutně nemusí stát velcí výrobci hardwaru a softwaru. Přesto tato zařízení na trhu již uspěla nebo mají potenciál brzy uspět.

3.3.2.1 Fove VR

Zorný úhel	100°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	520g
Cena	14999 Kč

Poznámka: Zařízení snímá pohyb očí v reálném čase. Umožňuje tak neobvyklý způsob interakce.

[Odkaz na web výrobce.](#) [25]

[Odkaz na web prodejce.](#) [26]



Obrázek 18: Fove VR

3.3.2.2 HTC Vive

Zorný úhel	110°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	555g
Cena	25999 Kč

[Odkaz na web výrobce.](#) [27]

[Odkaz na web prodejce.](#) [28]

[Porovnání s Oculus rift.](#) [29], [30]



Obrázek 19: HTC Vive

3.3.2.3 Oculus Rift

Zorný úhel	110°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	470g
Cena	14640 Kč



Obrázek 20: Oculus Rift

Poznámka: Zabudovaná sluchátka. Zařízení je možné ovládat kontroléry.

[Odkaz na web výrobce.](#) [31]

[Odkaz na web prodejce.](#) [32]

Další informace a články: [33], [34], [30]

3.3.2.4 Razer OSVR HDK 1.4

Zorný úhel	+90°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	650g
Cena	10999 Kč



Obrázek 21: Razer OSVR

Poznámka: Jedná se o Open Source zařízení. Již je vydána i verze HDK 2, ale není dostupná v ČR.

[Odkaz na web výrobce.](#) [35]

[Odkaz na web prodejce.](#) [36]

Další informace a články: [37], [38]

3.3.2.5 Star VR

Zorný úhel	210°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	380g
Cena (výrobce)	není určena



Obrázek 22: Star VR

Poznámka: Vyniká velikým zorným úhlem

[Odkaz na web výrobce.](#) [39]

Další informace: [40]

3.3.3 Vizory

Tato skupina zařízení je určena pro sledování obyčejného nebo 360° videa. Jejich primární účel je tedy spíše rekreační. Hlavní výhodou těchto zařízení je nižší váha, cena a skladnost. Není nutné, aby brýle byly propojeny s počítačem. Jako zdroj obrazu lze využít i dostatečně výkonný mobil nebo tablet. Zařízení nejsou určena k pohybu v prostoru.

3.3.3.1 Avegant Glyph

Zorný úhel	40°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	434g
Cena	18499 Kč



Obrázek 23: Avegant Glyph

Poznámka: Neumožňuje pohyb po místnosti. Slouží spíše jako domácí kino.

[Odkaz na web výrobce.](#) [41]

[Odkaz na web prodejce.](#) [42]

Další informace: [43]

3.3.3.2 Dlodlo v1

Zorný úhel	105°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	88g
Cena	13474 Kč



Obrázek 24: Dlodlo V1

Poznámka: Nahrazuje displej mobilního telefonu nebo monitoru. Umožňuje sledovat 360° videa. Není určen pro pohyb po místnosti.

[Odkaz na web výrobce.](#) [44]

[Odkaz na web prodejce.](#) [45]

3.3.3.3 Exchimp VR

Zorný úhel	100°
Propojení s počítačem	Ne
Váha	430g
Cena (výrobce)	není určena
Výdrž baterie	3 hodiny



Obrázek 25: Exchimp VR

Poznámka: Zařízení slouží jako náhrada
Handheld (pouzdro pro smartphone pro přehrávání videa ve virtuální realitě).

[Odkaz na web výrobce.](#) [46]

Další informace: [47]

3.3.3.4 LG 360 VR

Zorný úhel	80°
Propojení s počítačem	Ano
Váha	116,8g
Cena (výrobce)	~4346 Kč



Obrázek 26: LG 360 VR

Poznámka: Zařízení je určeno pro propojení s mobilním telefonem LG G5

[Odkaz na web výrobce.](#) [48]

3.3.4 HandHeld

Tento typ zařízení slouží k uchycení mobilního telefonu a jeho udržení ve správné pozici v zorném poli uživatele. Zařízení je dále tvořeno dvojicí čoček, které zajišťují větší zorný úhel a schopnost uživatele zaostřit zrak na displej telefonu. Jedna půlka tohoto displeje je využita pro promítání obrazu VR aplikace do jednoho oka, druhá půlka displeje pak pro druhé oko.

Konstrukce může být celoplastová, připomínající zařízení pro VR, minimalistická, držící jen mobilní telefon a čočky, anebo dokonce jen z papíru (I AM CARDBOARD V2). Některé dražší modely telefonů obsahují i akcelerometry a magnetometry pro lepší zachycení jeho prostorové orientace. V tomto případě jsou tak schopny detekovat pohyb hlavy. Pro velké množství zařízení tohoto typu jsou zde vybrána jen některá, která jsou charakterizující pro určitou podskupinu zařízení typu HandHeld či jsou jinak zajímavá.

3.3.4.1 Samsung Gear VR

Brýle Samsung Gear VR [49] [50] jsou určeny jen pro mobilní telefony společnosti Samsung. Na pravé straně brýlí se nachází touchpad pro snadné ovládání menu. Nevýhodou je poměrně vysoká cena (3000 Kč).



Obrázek 27: Samsung Gear VR

3.3.4.2 Evolveo VRC-4

Zařízení Evolveo VRC-4 [51] lze využít pro mobilní telefony s operačním systémem Android i iOS.



Obrázek 28: Evolveo VRC-4

3.3.4.3 I am Cardboard V2

Konstrukce „I am Cardboard V2“ [52] nahrazuje obvykle plastové díly zařízení z této třídy kartonem. Brýle jsou kompatibilní s jakýmkoliv mobilním telefonem, který má odpovídající velikost displeje. Je to řešení značně minimalistické, ale zcela funkční a levné.



Obrázek 29: I am Cardboard V2

3.3.4.4 ColorCross 010

Brýle ColorCross 010 [53] [54] nemají uzavřenou konstrukci. Opět platí, že jsou kompatibilní s jakýmkoliv zařízením se správnou velikostí displeje. Brýle jsou velmi skladné.



Obrázek 30: ColorCross 010

4 Důležité možnosti a vlastnosti zařízení pro MR

V následujících podkapitolách se zaměřím na přehled důležitých vlastností a možností, které nám zařízení pro MR obecně nabízí, a na které je třeba brát zřetel při výběru takového zařízení při nasazení do výroby.

Tyto podkapitoly jsou zaměřeny na způsoby interakce uživatele s tím, co mu zařízení zobrazí, dále pak na možná úskalí při jejich používání a na závěr se zaměří na nástroje vývoje aplikací pro MR.

4.1 Interakce s uživatelem

Pokud nemá být uživatel pouze pasivním příjemcem zobrazované informace, je velice důležitým prvkem při použití technologií VR a AR samozřejmě jeho interakce s virtualizovaným prostředím či prvky. V následujících podkapitolách jsou uvedeny možnosti, které máme k dispozici.

4.1.1 Snímání polohy

Primární interakční mechanismus je zpravidla součástí head-setu každého zařízení (IMU jednotka) a umožňuje monitorovat a reagovat na pohyb hlavy uživatele (otáčení, naklánění v různých osách). Technicky bývá toto řešení obvykle postaveno na kombinaci elektronických snímačů (např. akcelerometry, gyroskopy, magnetometry apod.).

U zařízeních, která podporují volný nebo částečně omezený pohyb uživatele v prostoru, je nutné zajistit i dostatečně přesný přehled o jeho poloze. V současné době je používáno několik řešení, které jsou toto schopné zajistit. První z nich využívá snímače na stojanech, které pokrývají prostor pohybu uživatele. Další řešení využívá hloubkových kamer v náhlavních soupravách, které jsou schopny snímat okolní 3D prostor a tím určit směr pohybu uživatele. Na podobném principu pracuje i další řešení využívající pouze klasických kamer (jednotlivé či páru). Rekonstrukce pohybu uživatele je pak založena na analýze získaných obrazových dat.

4.1.2 Pohybové ovladače

Tyto ruční ovladače umožňují uživatelům interakci pomocí ovládacích prvků, které jsou na nich umístěné. Mohou být vybaveny rovněž snímači polohy (IMU) a přenášet tak pohyby uživatelových rukou přímo do prostředí VR.

Zjednodušená varianta ovladače je součástí i soupravy Hololens, která obsahuje pouze jediné tlačítko, kterým lze provést aktivaci nějakého příkazu či spuštění interakce. Není snímána jeho poloha.

4.1.3 Gesta

Další ze způsobů je interakce pomocí gest. Systém je schopen rozpoznat zpravidla pouze několik základních gest, ale odpadá tak nutnost použití ručních ovladačů. V případě rozšířené reality, kdy uživatel vidí i reálný prostor a také své ruce, je to velice příjemný a jednoduchý způsob. Naprosto jednoznačně je to užitečné, pokud uživatel potřebuje ruce k souběžné činnosti v realitě, která je doplňována informacemi v rozšířené realitě.

4.1.4 Interakce pohledem

Tento způsob interakce je vhodný a snadno implementovatelný ve VR. Stačí, aby uživatel po nějakou dobu zaměřil svůj pohled (natočením hlavy) na objekt zobrazovaný ve virtuální realitě a tím aktivoval nějakou příslušnou odezvu.

Implementace tohoto způsobu v prostředí AR je složitější a velice záleží na použitém stupni technologie prostorového mapování. Částečné zjednodušení může přinést pohyb ve známém konkrétním prostředí, které je převedeno do realistického modelu a interakce se děje s objekty v modelu.

4.1.5 Snímání pohybu očí

Toto je dosti neobvyklý a zajímavý způsob, který je podporovaný např. zařízením FOVE VR (viz kapitola 3.3.2.1). Jsou snímány uživatelovy oční zornice a na základě vektoru jejich natočení je možné provést interakci (zoom, zobrazení informace apod.). Není tedy nutné natáčet celou hlavu jako v předchozím případě.

4.1.6 Ovládání hlasem

Toto je jeden z nejpřirozenějších způsobů jakým obvykle lidé mezi sebou komunikují. Microsoft využívá hlasové ovládání ve svém operačním systému a není tedy divu, že hlasové příkazy jsou podporovány i pro jejich Hololens. Nevýhodou je, že hlasový analyzátor je dostupný pro anglický jazyk a hlasové příkazy jsou možné pouze v angličtině [55]. Nicméně rozpoznávání obecných hlasových příkazů je součástí API, které mohou vývojáři využít ve svých aplikacích.

Ve výrobě, na lince, tedy v prostředí kde je hluk, je aplikace tohoto prostředku interakce nepravděpodobná a bezproblémově asi velice obtížně realizovatelná (externí laryngofon [56]).

4.2 Problematické aspekty použití MR zařízení

4.2.1 Kinetóza

Kinetóza z VR vzniká, když uživatelův mozek získává protichůdné vjemy. Zejména se jedná o reálný pocit pohybu, který je v rozporu se statickým obrazovým vjemem a naopak, když obrazový vjem předává zdání pohybu, ale vjem působení sil při pohybu chybí. Jedná se o vlastně o variantu mořské nemoci, která není způsobena plavbou. Příznaky jsou ale stejné: malátnost, závrať, únava, nevolnost. Při prvních příznacích je lépe užívání VR ukončit.

Zařízení jsou již technologicky na dostatečné úrovni, aby zvládala včas reagovat na změnu polohy hlavy, což značně snižuje riziko kinetózy. Další prevence kinetózy zajišťuje správně navržený software. Uživatel by se neměl setkat s interakcí s předměty, které by na něj měly působit silou, jako například strčení, posunutí nebo náhlé přiblížení obrazu.

Na některé aspekty způsobující kinetózu v prostředí VR si lze zvyknout. Jedná se ale o individuální záležitost a nelze v tomto směru činit obecné závěry. Je lepší použít prostředky (design reality, teleportace z místa na místo bez nutnosti pohybu uživatele).

4.2.2 Dioptrické brýle

Všichni uživatelé se nemohou pochlubit dokonalým zrakem a musí tento problém řešit použitím dioptrických brýlí. To může představovat problém při použití některých náhlavních souprav. Většina z nich předpokládá ve své konstrukci uživatele s bezproblémovým zrakem a ne vždy je možné použít dioptrické brýle zároveň (některé jsou ve formě brýlí jako takových).

U některých VR souprav je možné měnit vzdálenosti čoček od promítacích displejů a tím částečně korigovat tento problém. Smysl to však má pouze tehdy, pokud se jedná o soupravu na míru pouze pro jednoho uživatele.

4.2.3 Hmotnost náhlavních souprav

Náhlavní soupravy představují zátěž pro krční a hlavové svaly. Původem je samozřejmě zvýšení hmotnosti hlavy o hmotnost náhlavní soupravy. Je také možný posun obvyklého těžiště hlavy způsobený různou hmotou komponent souprav. Toto je možné korigovat správným rozložením hmotnosti. Například akumulátorem v zadní části náhlavní soupravy lze vyvážit hmotnost displejů, optiky a případně dalších senzorů v přední části.

4.2.4 Fixace náhlavních souprav

Snaha, o co nejmenší rozměry zařízení a odlehčení jeho hmotnosti, vede k problémům ke stabilnímu uchycení náhlavních souprav na hlavách jejich uživatelů. Každý uživatel má jinou velikost hlavy a je potřeba nalézt univerzální řešení. Zpravidla se používá pás vedený po obvodu hlavy, jehož velikost je možné v určitém rozsahu měnit, a tím

zafixovat soupravu ve správné pozici. I když tento pás mívá polstrování, pevné uchycení při delším užívání může způsobovat otláčeniny a případně i problémy s prokrvováním tkání pod ním.

4.2.5 Propojení s výkonným počítačem – Kabely

Většina souprav pro VR vyžaduje propojení s výkonným počítačem, který sám o sobě zpracovává všechny relevantní data a údaje. Toto propojení je realizované obvykle pomocí kabelu, který vede od náhlavní soupravy do příslušného rozhraní počítače. Pomocí něj může být řešeno i napájení samotné soupravy.

Toto řešení je uživatelsky nepohodlné a především při pohybu uživatele ve VR, kdy je mu vnější realita naprosto nedostupná, může být tak pro něj problematická. Velice snadno totiž může u uživatele dojít ke ztrátě orientace v prostoru (reálném), které povede k jeho zamotání do propojovacího kabelu.

V současné době se na řešení tohoto problému pracuje a vyvíjí se řešení za použití bezdrátového přenosu dat.

Nutnost propojení kabelem lze v tuto chvíli eliminovat pomocí řešení, kdy počítač je již součástí náhlavní soupravy. S tím se však váže omezení slabšího výpočetního výkonu (velikost a energetická náročnost).

4.2.6 Provoz z akumulátorů

Některé náhlavní VR soupravy jsou samostatné a ke své provozu si vystačí s počítačem, který je jejich součástí. To však v sobě nese nutnost řešit napájení elektroniky a její dostatečně dlouhý komfortní provoz. Jeho doba závisí na zatížení výpočetní jednotky, četnosti využívání bezdrátového připojení do sítí a i samotné udržení v provozu (podsvícení displejů) představuje samo o sobě stabilní odběr energie.

Obvyklá maximální doba provozu, která je závislá kromě odběru na stavu a kvalitě použitých akumulátorů, je od několika desítek minut do řádu jednotek hodin. Poté je nutné akumulátor znovu nabít či připojit zařízení k externímu zdroji elektrické energie.

4.3 Programová podpora vývoje pro VR

Pro vývoj aplikací pro VR/AR existuje celá řada vhodných nástrojů a vývojových prostředí, které jsou zdokonalovány podle aktuálních potřeb a požadavků vývojářů. Další nové se ale také stále objevují.

Vhodnost každého z nich pro konkrétní prostředí lze doporučit podle účelu a požadavků vyvíjené aplikace a cílového zařízení, na kterém bude provozována. V tomto smyslu není úplně vhodné paušalizovat.

4.3.1 Herní enginy pro VR

Aplikace, které byly prvotním impulsem pro rozvoj VR, byly určeny spíše pro sektor herní zábavy. Čím dál větší realističnost prostředí v počítačových hrách pak vedla ke snazší implementaci VR pro další sektory. Základem moderní počítačové hry je tzv. herní engine. Ten se stará o implementaci obecných funkcí (práce s grafickými objekty, transformace souřadnic, efekty apod.), které umožňují vývojářům vytvořit to, co zamýšleli. Řada herních studií využívá svůj vlastní neveřejný engine, který je základem hned několika jejich vlastních herních projektů. Jsou zde však i herní enginy, které jsou nabízeny cizím a nezávislým vývojářům mimo tyto herní studia.

Jedním z těchto herních enginů je Unity od společnosti Unity Technologies. Jedná se o multiplatformní engine, který má příjemné uživatelské prostředí a umožňuje vývoj 3D a 2D aplikací. Lze ho využít pro vývoj aplikací pro platformu Microsoft Hololens a všechny typy zařízení Windows Mixed Reality. Tento engine dovoluje pracovat s 3D objekty vytvořených v jiných systémech a pomocí obvykle používaných formátů je naimportovat. Pak už je s nimi možné nakládat podle fantazie vývojáře a případně uživatele.



Obrázek 31: Logo Unity enginu

Unity navíc umožňuje vývojářům vytvářet si vlastní pluginy, zprostředkovávající funkce, které v enginu nejsou přímo implementovány. To dává vývojářům široké možnosti využití (jako je například oboustranná komunikace s webovými a dalšími síťovými službami, výměna dat mezi zařízeními apod.).



Obrázek 32: Logo Unreal enginu

Herní studio Epic Games nabízí vývojářům svůj herní engine Unreal. Microsoft se za stejných licenčních podmínek snaží o portování pro UWP, které by umožnilo jeho fungování v zařízeních Hololens.



Obrázek 33: Logo Cry engine

Podobně tak činí německá firma Crytek, která nabízí svůj herní CRY engine. Ten využívá ve svých hrách a využívají ji i ostatní (např. česká Warhorse Studios s.r.o. [57]). Podporuje v současné době i VR pro HTC Vive, Oculus Rift a OSVR [58].

4.3.2 Vývoj s pomocí SDK

SDK je zkratka označující Software Development Kit. Je to vlastně nástroj, který umožňuje využívat funkce z knihoven, ke kterým se vztahuje. Například společnost Valve vytvořila SDK OpenVR, který byl vyvíjen pro HTC Vive a má umožnit a zjednodušit implementaci VR obecně. Microsoft má pro vývojáře využívající DirectX (knihovna pro práci s 3D i 2D grafikou určená především pro hry) také vlastní SDK.

Z pohledu vývojáře představují tyto SDK možnost vytvořit si potřebné pokročilejší funkce samostatně. Na druhou stranu jejich použitím se zbaví podpory již hotové vysoké modularity a funkcionality již existujícího herního engine. To má za následek větší časovou náročnost takového vývoje.

4.3.3 Vývoj pro mobilní telefony a tablety

Hlavní vývojáři systémů pro mobilní telefony a tablety, Apple a Google, se snaží o doplnění podpory pro rozšířenou realitu pro jejich operační iOS a Android. Jedná se o knihovny ARKit [59] a ARCore [60].

Základem je zde myšlenka, že mobilní zařízení jsou vybaveny polohovými čidly a kamerami, které mohou snímat reálný svět, a obraz z nich je možné doplnit o 3D objekty. K tomu je potřeba dobrá a hlavně rychlá analýza původního 2D obrazu s detekcí ploch. Jedná se o novinky, které pravděpodobně ještě nejsou zcela bez chyb [61] a v případě ARCore se jedná o technologii ve stavu tzv. *Early Preview*.

Na druhou stranu není možné tuto variantu implementace HR zavrhnout, ukrývá v sobě veliký potenciál a otevírá vývojářům další možnosti.

5 Volba vhodného zařízení pro MR aplikaci ve výrobě Škoda Auto a.s.

V následujících podkapitolách se zaměřuji na definování klíčových vlastností, které by mělo mít zařízení pro MR, které by bylo použitelné v továrně přímo na výrobní lince. Na jejich základě je pak možné vybrat a doporučit použitelné zařízení, které je dostupné.

5.1 VR nebo AR?

Použití VR ve výrobě, kdy uživatel nemá přímý kontakt s reálným světem, je z pohledu bezpečnosti práce naprosto nemyslitelné a nebezpečné. Aplikace využívající AR uživateli kontakt s realitou ponechává a je možné ji v **rozumné** míře použít. Je to jediná možnost.

V závislosti na stupni komplexnosti použité AR ve výsledné aplikaci je třeba zvážit také potřebu vybavenosti zařízení prostředky pro prostorové mapování. Bez nich by řada řešení byla nerealizovatelná nebo silně nespolehlivá.

5.2 Ovladače

Dalším základním předpokladem je, že pracovník ve výrobě potřebuje k výkonu své práce obě ruce a není možné, aby v nich místo pracovních nástrojů či komponent vozidla držel ovladače¹ pro komunikaci s rozhraním AR.

Jejich využití pro interakci je tedy vyloučeno nebo omezeno. Je nutné použít jiné způsoby interakce založené na gestech, detekce směru pohledu či snímání očních zornic.

5.3 Mobilita zařízení

Propojení s počítačem kabelem i na krátké vzdálenosti není v prostředí výroby možné. Použité zařízení, náhlavní souprava, musí být schopné samostatného provozu.

Doba provozuschopnosti zařízení je dána kapacitou akumulátorů a odběrem zařízení. Pokud doba provozu náhlavní soupravy nekoresponduje s dobou trvání směny či dobou mezi přestávkami, je nutné zajistit dostatečnou kapacitu použitých akumulátorů.

Nelze-li akumulátory vyměňovat, je nutné použít pro doplňování elektrické energie vnější, rovněž mobilní, zdroj. Jako alternativu pro udržení provozuschopnosti je vhodné použít například powerbanku, kterou je možné v příhodných časových intervalech měnit za dobítku. Její umístění nesmí bránit volnému a přirozenému pohybu pracovníka a zároveň nesmí zvyšovat zatížení hlavy hmotností použité náhlavní soupravy. Nabízí se varianta doplnění pracovního oděvu opaskem s kapsou pro její umístění, což by přineslo snadnou přístupnost pro manipulaci při její výměně.

¹ Je možné vyvinout vlastní verzi zjednodušených ovladačů, které by patřily do kategorie **nositelných (wearables) zařízení**, a byly by součástí pracovního oděvu nebo jeho doplňky (například náramek na suchý zip).

5.4 Prostor pro data

Pro rychlejší zobrazení informací je potřeba, aby alespoň základní data a reference na další potřebná data byly uloženy přímo na zařízení. To vyžaduje dostatečnou kapacitu použitého paměťového média pro případné doplnění o redukováná a optimalizovaná data během rutinního provozu.

Použití referenční odkazů na data mimo vlastní náhlavní soupravu vyžaduje schopnost přistupovat na vnější datová úložiště pomocí síťových služeb (viz následující podkapitola).

5.5 Komunikace se síťovou infrastrukturou

Použité zařízení by mělo být schopné získávat a odesílat informace přes síťovou infrastrukturu závodu. To vyžaduje schopnost zařízení využít standardní bezdrátové síťové připojení (WiFi). Jiný způsob není vhodný z hlediska mobility zařízení.

5.6 Podpora a dostupnost

Při volbě vybraného zařízení je nutno přihlédnout k tomu, zda má ze strany výrobce dobrou podporu a předpoklad dlouhodobé dostupnosti. Pokud se jedná o zařízení ve vývoji, nelze předem říci, jaké vlastnosti bude mít finální produkt a zda bude někdy uveden do výroby. V případě překotnějšího vývoje je rovněž zásadní otázka zpětné kompatibility a je potřeba, aby odpověď na otázku, zda aplikace bude pracovat i na nové verzi zařízení, byla kladná.

5.7 A vítězem se stává...

Z těchto důvodů je vhodné se přiklonit k řešení, které splňuje všechny výše uvedené body. Microsoft Hololens je splňují. Je zřejmé, že Microsoft je firma, která podporuje zavedení svých produktů ve všech možných odvětvích a toto je přesně ten účel, pro který Hololens vyvinula.

Při splnění uvedených předpokladů je to jediný vhodný kandidát, ale není také úplně ideální. Hololens se vyznačují poměrně malým zorným úhlem, který lze pro AR použít. To sice přináší uživateli lepší orientaci v reálném prostředí, ale dává menší prostor pro zobrazené informace.

Jako robustní korporátní řešení se Hololens vyznačují také největší cenou ze všech zde uvedených modelů a jejich cena se s časem od jejich vydání nijak výrazně nezměnila.

Od počátku od svého uvedení na trh byly Hololens vyhrazeny k prodeji jen pro některé státy a Česká republika mezi nimi až dosud nebyla. Nyní bylo oznámeno, že se začnou prodávat i u nás [62].

6 Návrh aplikace pro AR zařízení

6.1 Možnosti implementace zobrazení informace v prostředí AR

V obecné rovině je zde několik různě složitých stupňů jakým se dá prezentovat informace v prostředí AR.

Stupně implementace zobrazení informace v prostředí AR:

1. Zobrazení textové informace

Je zobrazena textová informace, která předává nějakou zprávu. Může mít pouze informativní charakter nebo se jednat o popis jednoho dílčího kroku v požadovaném postupu.

2. Zobrazení 2D/3D obrazové informace

Tento stupeň může posloužit k zobrazení 2D obrazu např. informativního schématu, diagramu pro rozhodování, loga či ikony. V případě zobrazení 3D modelu je možné, aby se jednalo o vzhled sestavy objektů či jediné její součásti.

3. Interaktivní volba pro zobrazení potřebné informace

V této úrovni se zapojí do procesu zobrazení informace uživatel pomocí dostupného způsobu interakce. Může si sám vybrat zobrazení relevantní informace, která je mu v danou chvíli k užítku. Vyžaduje to ovšem dostatečně jednoduchý způsob navigace, aby se k vybrané informaci mohl dostat co nejrychleji.

4. Zobrazení informace na konkrétním místě v reálném prostoru

Z hlediska implementace je to nejvyšší a také nejnáročnější stupeň. Vyžaduje schopnost rozpoznat v reálné prostředí konkrétní prvky a pomocí prostorového mapování získat jejich souřadnice. Následně je pak možné na tyto prvky aplikovat všechny předešlé možnosti.

Z těchto možností jsem vycházel při návrhu případových studií, které jsou popsány v další kapitole.

6.2 Případové studie implementace AR

V následujících podkapitolách popisují případové studie, které jsme po prvotní rešerši nabídli s vedoucím práce zadavateli této práce, a které by byly pro zavedení rozšířené reality ve výrobě Škoda Auto a. s. vhodné. Nevycházely z důkladné znalosti prostředí výroby a jejich požadavků, ale umožnily vést s představiteli z oddělení výroby diskuzi ke konkrétní vzorové realizaci. Snažil jsem se v nich nastínit možnosti efektivního využití MR a jaký přínos by to mohlo mít.

6.2.1 Repasní linka

Během výroby vozidla při výpadku činnosti jedné či několika stanic na lince pásové výroby je třeba vozidlo na závěr výrobního procesu odstavit v sekci označované jako Repasní linka. Zde je nutné provést chybějící úkony a dokončit výrobu nového

vozidla. Ke správné funkci tohoto postupu bude potřeba provázání s informačním systémem výroby. Je potřeba zajistit mezivrstvu, která z něj získá potřebné informace a následně je pak předá ve správném tvaru do náhlavní soupravy zaměstnance.

Po přistavení nedokončeného vozidla je do náhlavní soustavy vybraného zaměstnance, který ho bude dokončovat, přenesena úvodní informace o VIN kódu, který jednoznačně identifikuje dokončované vozidlo. Po nalezení příslušného VIN kódu na vozidle zaměstnanec gestem (či jiným interakčním prvkem) potvrdí jeho zkontrolování. Následně je mu do zorného pole zobrazen seznam potřebných úkonů a jejich počet. Pokud je to třeba, měl by být seznam řazen podle nutných priorit. V této fázi je tedy třeba zabránit tomu, aby požadované činnosti nebyly provedeny podle špatného technologického postupu.

Na vyžádání si zaměstnanec může (nebo musí) zobrazit informace o správném postupu při provádění aktuálního úkonu a po jejich odsouhlasení je smí dočasně odstranit ze zorného pole. Pokud by si potřeboval informace znovu osvěžit, je třeba, aby náhled byl okamžitě opět dostupný pomocí nějaké rychle proveditelné interakce. Ve chvíli, kdy je úkon řádně dokončen, potvrdí jeho provedení a tím se přesune k vykonání dalšího bodu v seznamu úkonů. Tento cyklus bude opakován tak dlouho, dokud nebudou všechny úkony řádně dokončeny.

Přínosy tohoto řešení lze shrnout do následujících bodů. Budeme vědět:

- kdo servisní/repasní úkony provedl
- jaké zaměstnanec provedl úkony
- v jakém pořadí zaměstnanec úkony provedl
- že zaměstnanec je dostatečně informován o správném postupu
- časovou náročnost úkonu zaznamenáním času na začátku a konci úkonu

6.2.2 Virtuální školící centrum

V současné době začíná být v České republice citelněji znát nedostatek kvalifikovaných a spolehlivých zaměstnanců. To vede k neustálému nábory nových, které je ovšem třeba důkladně zaučit a zaškolit. Zaškolení přímo v živém provozu nemusí být vždy to nejlepší řešení.

Je zde možnost použít rozšířenou či přímo virtuální realitu a nového zaměstnance seznámit s pracovištěm v jeho virtuální podobě. Přínos tohoto řešení je, že zaměstnanci bude předán dynamický obrazový vjem jeho budoucí činnosti. Zobrazí se mu například informace o umístění a kapacitě zásobníku součástek, správné usazení dílu a jeho umístění v montovaném vozidle, technické informace k vlastní montáži (utahovací moment apod.). V případě většího stupně implementace AR/VR si bude schopen činnost i sám vyzkoušet s pomocí pohybových ovladačů.



6.2.3 Příprava nové linky pro výrobu

Další případem aplikace VR/AR je zavádění nové výroby se změnou jednotlivých pracovišť. Je možné přenést na základě plánů linky vše do virtuální podoby a zaměstnance začít pro ní přeškolovat dříve, než bude reálně připravena k provozu.

Zároveň to dává prostor pro vyhodnocení a případně vylepšení ergonomie pracoviště (přísun součástek, umístění potřebných nástrojů) a zjistit, zda takt výroby odpovídá času potřebného k předepsaným úkonům.

6.3 Zakončení rešeršní práce

Popis dosavadní rešeršní práce byl v tomto stavu konzultován na přelomu roku 2017/18 s představiteli Škoda Auto a.s. Tato rešerše jim byla předána v tištěné podobě a dala jim tak náhled do problematiky zařízení pro hybridní realitu a možnostech jejich využití ve výrobě. Představovala pro ně první hmatatelný materiál, se kterým bylo možné dále pracovat a odvíjet další směřování této práce.

7 Analýza praktického řešení

Po zpracování rešeršní části jsem mohl přikročit k praktické realizaci, při které jsem ale byl vázán požadavky a možnostmi zadavatele a také jím zvolené technologie.

7.1 Volba mezi AR a VR

Prvotní volba technologie je základní rozhodnutí, od kterého se vyvíjí další postup. Mnou doporučené zařízení (kapitola 5) MS Hololens je vhodné pro AR, které nabízí lepší implementaci přímo ve výrobě. Bohužel, toto zařízení bylo v době, ve které jsem měl přistoupit k praktické realizaci aplikace, pro nás (Oddělení plánování výroby a ústav NTI) obtížně dostupné. Dostalo by se ke mně s velkým časovým zpožděním, které jsem si nemohl dovolit. Termín dodání by odpovídal zhruba termínu odevzdání této práce. Víceméně to asi bylo i očekávatelné viz [62].

Na druhou stranu mohl jsem využít jiné zařízení pro WMR od firmy Acer a to prakticky okamžitě, protože v té době již bylo na našem trhu běžně dostupné a k dodání do druhého dne. Toto zařízení jsem zmínil v rešerši v kapitole 3.3.1.1. WMR zařízení jsou vhodné pro VR, ale AR neumí. To je při jeho použití přímo ve výrobě nemyslitelné. Aplikace pro WMR zařízení ale fungují i na MS Hololens a tohoto faktu jsem se rozhodl využít.

Po konzultaci se zadavatelem práce jsem se tedy vydal směrem k aplikaci, která využívá VR.

7.2 Jaká by měla být moje aplikace?

Po zvolení technologie WMR a tedy VR se bylo možné konečně rozhodnout, jak by měla budoucí aplikace vypadat a k čemu by měla sloužit. Tím byly také dány mé možnosti. Definitivně tak padla realizace aplikace, která by byla používána přímo za provozu na výrobní lince.

V podkapitolách s případovými studii jsem psal o použití při zaškolení zaměstnanců nebo při přípravě zavádění nové výrobní linky. Vytvoření takto komplexní aplikace by bylo vysoko nad rámec zadání (i mého časového harmonogramu). Se zadavatelem jsme se tedy dohodli na vytvoření aplikace, která by jim sloužila jako demonstrace možností použití VR pro podobné činnosti.

Takto navržené technologické demo mělo prezentovat možnosti interakce s modely reálných částí vyráběného automobilu v prostředí VR s přihlédnutím na možnou aplikaci na zaškolení pracovníků třeba formou seznámení s umístěním jednotlivých částí vozidla. Předávat informace pomocí vizualizace případně doprovázené audio stopou.

7.3 Co by měla aplikace obsahovat

S přihlédnutím k výše psanému textu a zkušenostem, které jsem získal během prvního seznámení s VR a při vytváření aplikace pro ní, jsem musel původní analýzu ještě doplnit.

Pro neznalé uživatele bez zkušeností může totiž první kontakt znamenat ztrátu orientace a zmatení. Nevidí své tělo, nohy atd., ale jen úplně nové prostředí, ve kterém se náhle zjevil. Vidí v prostoru ovladače, které měl před chvílí v rukách, ale samotné ruce nevidí.

7.3.1 Zaškolení

Prvotní reakce na VR bývá naprosto automatická – začnete se rozhlížet. Uživatel tak získává prvotní a základní orientaci v novém prostoru, do kterého se přenesl.

V tuto chvíli musí přijít zaškolení, aby věděl, jak se v tomto prostředí může pohybovat. Musí být krátce a jasně instruován, který z ovládacích prvků k čemu slouží. Po úvodní dezorientaci tak poměrně rychle se uživatel začne cítit jistější a začne se ve VR pohybovat a zkoumat nové prostředí.

7.3.2 Pohyb uživatele v prostoru VR

Pohyb uživatele v prostředí VR na větší vzdálenosti je zpravidla realizován pomocí teleportace. Jedná se o skoky z jednoho místa na druhé. Není tedy nutné vymýšlet něco nového a je dobré tento způsob využít i v zamýšlené aplikaci.

Aby se zabránilo (nebo omezilo) vzniku kinetózy u uživatele, používá se pro teleportaci jednoduchý, ale účinný trik. Aktuální virtuální obraz se pomocí Fade–Out efektu ztmaví do černé barvy a s opačným Fade–In efektem se pak zobrazí obraz z nového místa. Celý tento proces je relativně rychlý (1 – 2 sekundy), ale přesto se uživatelův mozek tímto způsobem se skokem bez následků vyrovná. Podobným způsobem je řešeno třeba i otáčení na místě pomocí ovladačů, kdy uživatel nenatáčí hlavu.

V omezeném rozsahu je možný u WMR zařízení i přímý (fyzický) pohyb uživatele v prostoru. Z fyzického prostoru se přenáší pohyb uživatele do prostoru virtuálního. Jeho omezení je dáno nastavením WMR zařízení a pokud se uživatel ve VR prostředí dostane na jeho okraj, je na něj upozorněn zobrazením virtuální klece (drátěný model), která vyznačuje hranice bezpečného fyzického prostoru.

7.3.3 Interakce uživatele s prostředím ve VR

Pokud WMR nabízí interakci pomocí svých ovladačů, bylo by dobré je využít v zamýšlené aplikaci. Ovladače mají vícero ovládacích prvků, ale pro jednodušší ovládání je pravděpodobně lepší využít pouze jejich základní (obvyklé) funkce. Jedná se tedy o přesuny nebo otáčení pomocí joysticku a výběr či aktivaci interakce pomocí tlačítka Select.

Pro určení konkrétního prvku pro interakci ve VR prostředí není nutné využívat nasměrování pohledu jako třeba v případě Hololens, ale postačí využít paprsku z ovladačů jako ukazovátka na tento konkrétní prvek. Je to výhodnější pro celkový přehled uživatele.

Ovládací či interakční prvek může být pouze v zorném poli, ale uživatel se může svým pohledem zaměřit na jinou část obrazu, která je v danou chvíli důležitější.

Běžné aplikace pro stolní počítač obsahují určitou formu uspořádání kategorií do menu. Uživatel tak má možnost se snadno dostat k potřebným informacím nebo nástrojům. Protože klasické menu je přichyceno na obrazovce, není možné tento koncept přímo převést. Menu musí být umístěno v prostoru, jinak by uživateli zamezovalo výhled a snižovalo schopnost orientace. Zároveň tlačítka menu musí být dostatečně velká, aby se dala snadno aktivovat, musí být čitelné (problém rozlišení), a musí být dobře organizované, aby se v nich uživatel neztrácel.

Pro interakci se scénou lze použít i tlačítka, která mohou být znázorněná buď jako zavěšená tlačítka v prostoru, nebo mohou být ve formě připomínající reálný model panelu s tlačítky. Druhý případ má tu výhodu, že uživatel tento koncept již zná z desktopového prostředí.

Důležitým prvkem je i manipulace s objekty – jejich přesouvání pomocí ovladačů ve VR. Vyžaduje to, aby přesouvaný objekt byl definován samostatně nebo jako samostatná součást většího celku. Zde může být implementace složitější a vyžaduje schopnost rozpoznávat kolize mezi jednotlivými objekty (představme si, že třeba chceme zasunout šroub do otvoru v jiném dílu či součástce).

7.3.4 Způsob předávání či zprostředkování informací

VR aplikace bývají z principu multimediální. Hlavní je tu však především poskytovaný vizuální vjem z 3D virtuálního prostředí, který může být zároveň vhodně doplněn ještě o zvukové podkreslení či doprovodné audio informace.

Pokud budeme vycházet ze zaměření aplikace, stěžejní je přesné zobrazení částí a sestav vozu, které odpovídá realitě. Důležitá je rozměrová přesnost či spíše proporcionalita modelů. V jednoduchosti by se dalo říci, že metrová hřídel by měla vypadat ve VR stejně jako v reálném světě.

Informace lze uživateli předávat i pomocí HUDu. V realitě tento způsob můžeme nalézt například ve stíhačkách nebo v autech. V počítačových hrách určených pro VR se HUD zpravidla nevyužívá. To především z důvodu, že informace nemohou být zobrazené na hranici zorného úhlu, může zde docházet k nečitelnosti způsobené optikou nebo nesprávným nasazením zařízení.

8 Zařízení WMR Acer podrobněji [17]

Technické parametry zařízení odpovídají základním požadavkům pro dostatečně pohodlné pohybování ve virtuálním prostředí, které vyplývají z předchozího textu rešerše. Zároveň ale zorný úhel a rozlišení displeje není příliš veliké, aby se jednalo o nadstandartní zážitek.

- 2x LCD display 1440 × 1440 pixelů
- Úhlopříčka displeje 2.96"
- 95° horizontální zorný úhel
- Obnovovací frekvence 90Hz
- HDMI 2.0 a USB 3.0 kabel
- Inside – out tracking
- 4m kabel

8.1 Požadavky na Hardware [63]

Pro správný běh headsetu Acer WMR je potřeba splnit základní požadavky na hardware obslužného PC. Pro ověření, zda počítač tyto nároky splňuje, nabízí Microsoft aplikaci, která ověří výkon počítače. Microsoft vydal i doporučené parametry pro zajištění bezproblémového používání.

Minimální požadavky jsou shodné pro všechna zařízení ze série Windows Mixed Reality. Tyto parametry ovšem neberou ohled na aplikace vytvořené v Unity. Pro porovnání přikládám také parametry počítače, na kterém jsem aplikaci vytvářel.

	Minimální HW požadavky	Doporučené HW požadavky	Parametry mého PC
Procesor	Intel Core i5 7200U Passmark: 4625 bodů	Intel Core i5 4590 Passmark: 7293 bodů AMD Ryzen 5 1400 3.4Ghz Passmark: 8398 bodů	Intel Xeon E31225 Passmark: 5924 bodů
Operační paměť	8GB DDR3	8GB DDR3	12GB DDR2
Grafická karta	Integrated Intel® HD Graphics 620 Passmark: 922 bodů NVIDIA MX150 Passmark: 2113 bodů AMD Radeon RX 460/560 Passmark: 4341/4420 bodů	NVIDIA GTX 1060 Passmark: 8989 bodů AMD RX 470/570 Passmark: 7488/6761 bodů	AMD Radeon RX 560 Passmark: 4420 bodů
Nutné rozhraní	BlueTooth 4.0 USB 3.0	BlueTooth 4.0 USB 3.0	BlueTooth 4.0 USB 3.0

Pro lepší porovnání jsem doplnil tabulku údaji z testů nalezených na webových stránkách firmy Passmark Software a to z www.cpubenchmark.net pro procesor a z www.videocardbenchmark.net pro grafické karty. Počet bodů dává lepší představu při porovnávání rozdílů v jednotlivých konfiguracích. Parametry mého počítače byly blíže minimální konfiguraci. Přesto jsem nenarazil při běhu aplikace na zásadní problémy.

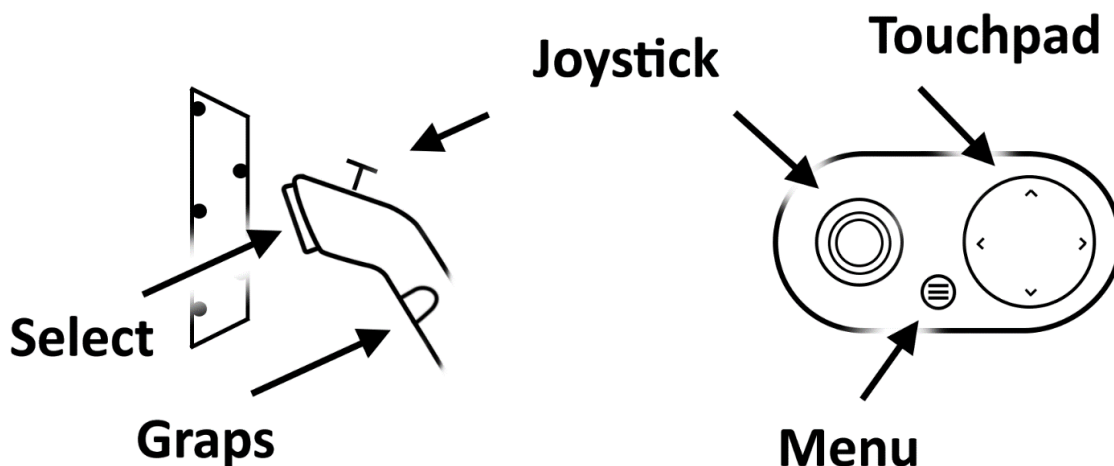
Zde je ale potřeba říci, že jestli je hardware vhodný pro běh aplikace, neznamená to, že je vhodný i pro její vývoj. Zejména při konverzi dat se projevil nedostatek operační paměti.

8.2 Ovladače

Součástí každého headsetu ze série WMR je i dvojice ovladačů (stejně napříč různými výrobci), každý určen pro jednu ruku. Ovladače jsou tvarovány tak, aby uživatel je mohl intuitivně držet a přirozeně rozložit prsty na ovládací prvky. Zároveň je ovladač i dobře vyvážený. Ovladač je možné k ruce zachytit za zápěstí pomocí pásku.

Na ovladači lze využít pět následujících ovládacích prvků.

- Tlačítko *Select* - Určené pro stisknutí ukazováčkem. Snímá úroveň stlačení na dvě desetinná místa $\langle 0.00; 1.00 \rangle$. Lze využívat i booleovské hodnoty pro indikaci, jestli je tlačítko plně stlačeno.
- *Joystick* - Páčka ovládaná palcem určená především pro pohyb ve virtuální realitě. Poloha páčky je určena hodnotami osy X a Y, kdy bod $[0; 0]$ je klidová pozice páčky. *Joystick* lze zároveň zmáčknout.
- *Touchpad* - Podobně jako *Joystick* je ovládán palcem a poloha je určena osami X a Y. Zároveň lze plochu *Touchpadu* stlačit a lze ho využít i tedy jako tlačítko.
- Tlačítko *Menu* - Tlačítko, které má pouze booleovské hodnoty pro stlačení.
- Tlačítko *Grasp* - Tlačítko umístěné na straně ovladače a je určeno pro snímání “zmáčknutí” ovladače.



Obrázek 34: Názorný popis ovladače

Ovladače mají snímače pro náklon. Poloha ovladačů je detekována pomocí prstence s bílými LED diodami, který je snímán kamerami z headsetu. Pokud ovladač není v zorném poli jedné z kamer, ovladač se ve virtuálním prostředí přestane hýbat, ale stále je možné s ním otáčet. Ovladač je propojen s počítačem pomocí bluetooth a je napájen dvěma AA tužkovými bateriemi.



Obrázek 35: Ovladače pro WMR

8.3 Windows Mixed Reality Portal

Tato aplikace je do systému Windows nainstalována po připojení a zprovoznění WMR zařízení. Slouží jako startovní prostředí pro práci ve VR. Umožňuje spouštět aplikace (pro WMR) a s trochou snahy ze strany uživatele také pracovat v prostředí klasických Windows (desktopu).

Uživatel se po nasazení headsetu objeví na virtuálním místě v otevřeném terasovitém domě, kde se může seznámit a přitom i otestovat základní způsoby pohybu ve virtuálním světě WMR. Je zde možné si vyzkoušet připravené aplikace jako hologramy (včetně animovaných), přehrávání videí, zobrazovat snímky či nakupovat aplikace v MS Store.

Zajímavé je i provázání této aplikace s vývojem v Unity. Mixed Reality Portal se spouští automaticky přímo z editoru Unity při testování vyvíjené aplikace. Po úspěšné kompilaci lze pak aplikaci spustit přímo ze „Start“ menu v WMR portálu. Toto „Start“ menu je identické s menu v brýlích Hololens.

Užitečnou položkou v tomto menu je možnost zaznamenání videa z VR aplikací. Ta mi umožnila vytvořit video, kde je vidět běh mojí výsledné aplikace, a které využiji při obhajobě této práce.



Obrázek 36: Prostředí Mixed Reality Portal

9 Praktická realizace

9.1 Volba vývojových nástrojů

Před zahájením vlastního vývoje aplikace je potřeba zvolit ty správné nástroje. Zvolením technologie WMR a předpokládaného použití aplikace v MS Hololens je potřeba se držet raději i doporučovaných nástrojů [64]. Lze doufat, že s novou verzí MS Hololens se nebudou měnit a je pravděpodobné, že na ně bude portace aplikace v budoucnu snazší.

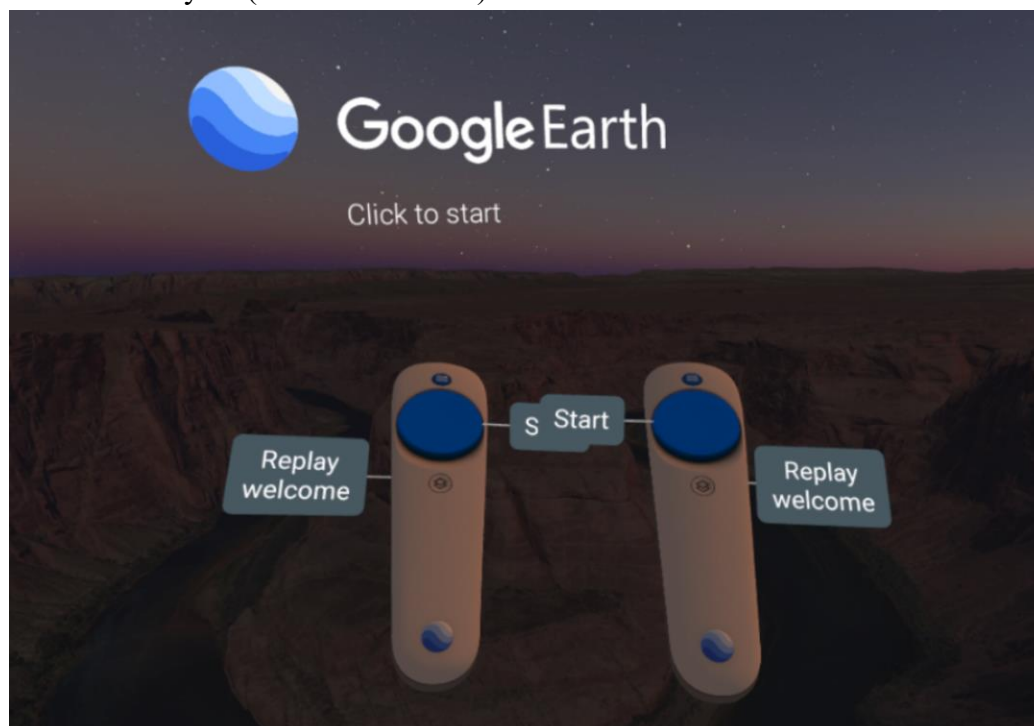
9.1.1 Vývojové prostředí

Základem je MS Visual studio. Microsoft nabízí k použití Visual Studio Community Edition, ale díky programu MS Imagine [65] mohu jako student i získat vyšší verze. Využil jsem rozšířené služby MS DreamSpark na FM TUL a získal tak pro práci Visual Studio 2017 Enterprise Edition. Toto prostředí umožňuje vývoj ve všech základních programovacích jazycích a je doplněno o další moduly, které by se mohly využít i pro další rozšíření základní aplikace.

9.1.2 Herní engine

Pokud bych měl ukončit práci v požadované době, je nereálné, abych vše potřebné napsal a naprogramoval sám. Proto je nutné vybrat si výkonný herní engine, který se postará o základní funkcionalitu a navíc mi umožní efektivně vytvářet vlastní aplikaci.

Použití Steam VR by sice umožnilo využít i jiné enginey než doporučované Unity [64], ale primárně je to děláno pro HTC VIVE, které má jiné ovladače. Způsob ovládání (reakce na ovládací prvky) je jiný než u WMR a je to minimálně uživatelsky dosti matoucí, nepohodlné a nezvyklé (osobní zkušenost).



Obrázek 37: Google Earth ve Steam VR s WMR se zobrazenými HTC Vive ovladači

Jasná volba, na základě doporučení, je tedy herní engine Unity. Je to velmi výkonný a mocný nástroj pro vývoj aplikací pro VR. Práce s ním je velmi intuitivní a ve své podstatě velmi jednoduchá. Je doplněn obrovským množstvím funkcí a typů objektů, které velmi usnadňují vývoj. Základní prvky se spolu dají příjemně provázat a lze rovněž upravovat jejich parametry a to i během ladění.

Herní engine Unity umožňuje jednoduché doplnění o tzv. Mixed Reality Toolkit [66], který obsahuje vše potřebné na provázání aplikace právě s MS Hololens a WMR zařízeními. Tento Toolkit je Microsoft pravidelně updatován a jeho možnosti a funkcionality se během mé práce značně rozšířily a rozrostly. Došlo i k opravám chyb a problémům, které mi komplikovaly samotný vývoj.

9.1.3 Další nástroje

Při práci jsem používal i další aplikace. Jejich nasazení vyžadovala aktuální situace, kdy bylo potřeba něco upravit či vyzkoušet. Jednalo se třeba o úpravu obrázků textur (GIMP), 3D modely (Blender, 3D Studio, apod.).

Další softwarové nástroje jsem využil při konverzi mezi různými formáty 3D objektů, ale ty zmíním ještě dále v kapitole 9.3.

9.2 Podklady od zadavatele

Aby výsledek mé práce byl co nejdělejší, potřeboval jsem dostatek kvalitních a použitelných modelů jednotlivých částí (z jediného, ale libovolného typu) vozidla, které bych ve své aplikaci mohl použít. Interně používané formáty (CATIA) jsou vhodné pro výrobu či strojírenský vývoj, ale nejsou přímo použitelné v aplikaci pro VR.

Nakonec jsem získal od zadavatele velké množství těchto dat pro vozidlo Škoda Rapid. Data neobsahovala úplně vše, ale to nakonec nebylo nutné. Celkem se jednalo o balík dat čítající cca 1500 souborů o kapacitě přes 10 GB.

Data obsahovala tyto hlavní části vozidla Škoda Rapid:

- Karosérie
- Nápravy (podvozek)
- Interiér
- Kokpit
- Základní platformu (rám)
- Část exteriéru
- Diesellový agregát a výfukový systém (1.6L 85KW TDI CR R4 MQ250-5F EU6 EA288)
- Palivová nádrž

9.3 Konverze dat

Tato část mé práce byla nejvíce náročná. Konverze jako taková vyžadovala výkonný počítač s velkou operační pamětí a navíc, doba zpracování jednotlivých sestav trvala i několik hodin.

9.3.1 Unity a importní formáty 3D dat

Unity umožňuje import 3D dat [67], které jsou vygenerovány v jiných aplikacích. Tyto formáty jsou obvyklé v podobných typech aplikací pro 3D modelování a herních enginech. Bohužel, formát CATIA, který je využíván ve ŠA pro modely jednotlivých součástí a sestav, mezi nimi není. Data, které jsem od zadavatele získal, navíc byla uložena v různých verzích aplikace CATIA a novější verze není se starší verzí kompatibilní. To samo o sobě nevěstilo nic dobrého.

Bylo potřeba najít konverzní nástroj, který bude schopen správně zkonvertovat data z formátu CATIA do jednoho z podporovaných Unity. Jednalo se o formáty souborů pro 3D Studio Max, LightWave, Maya a případně Blender. Z koncových formátů se nabízelo několik, které jsou široce používané a byl tak předpoklad, že existuje dobrý konverzní nástroj. Přípona těchto souborů, které umí Unity naimportovat, je *.FBX, *.OBJ.

Základní formát pro uložení 3D objektů je OBJ. Způsob uložení dat v souboru je jednoduchý. Data jsou uložena v textovém souboru a z toho důvodu mívá i značnou velikost. S objektem se neukládá informace o jeho materiálu, a proto se spolu s ním vytvoří i soubor s příponou *.MEL, který ukládá informaci o použitých materiálech. Tento formát také nepodporuje animace. Objekty automobilu, uložené v tomto formátu, dosahovaly velikosti v jednotkách gigabytů. To je při načítání souboru nepříjemné a pomalé.

Formát souborů používaných aplikací 3D Studio MAX od firmy Autodesk má příponu *.3DS. Díky rozšířenosti toho formátu ho podporuje řada ostatních programů pracujících s 3D objekty. Uchovává data v komplexní struktuře. Díky tomu výsledný soubor má menší velikost. Nevýhodou je, že při otevírání se objekt musí dekomprimovat.

Jako vhodnější se v tomto světle jeví formát souborů *.FBX, který je vlastněný a vyvíjený rovněž firmou Autodesk. Využívá se také pro přenos 3D objektů mezi různými programy. Umožňuje ukládat informace o materiálu objektu i animace najednou.

9.3.2 Konverzní aplikace

Pro konverzi dat z aplikace CATIA pro jejich import do engine UNITY jsem hledal vhodnou aplikaci. Některé byly vhodné pro jednotlivé součástky (soubory), ale měly problémy s konverzí celých sestav.

První aplikací, kterou jsem našel a s jistou mírou úspěšnosti i použil, byla aplikace s názvem 3Djuump firmy Real Fusio France S.A.S. Aplikace se vyznačuje příjemným ovládáním a schopností redukce povrchové sítě a tedy i optimalizace velikosti dat. Příjemné

bylo i to, že umožnila čtrnáctidenní testování bez nutnosti pořízení licence a to s úplnou funkcionalitou. Problém se ukázal při pokusu s konverzí velkých sestav (např. motor), kdy nepomohl ani několikahodinový běh.



Obrázek 38: Logo konverzní aplikace 3D juump

Další aplikací, spíše systémem, který jsem otestoval, byl 3DS MAX. Získal jsem licenci pomocí podpory firmy Autodesk školám. 3D studio bylo schopné načíst data, ale jeho součástí již nebyla žádná optimalizace. Díky seznámení s programem jsem ale našel další možnost, další aplikaci firmy Autodesk.

Aplikace, se kterou jsem byl spokojen, a která mi pomohla data úspěšně zkonvertovat, se jmenuje Autodesk Netfabb ve verzi Standard. Jedná se o vynikající nástroj, který neměl problém s různými verzemi formátu z aplikace CATIA. Navíc umí detekovat problémy s povrchovou sítí a pomocí vnitřních algoritmů je i opravit. Další z jeho funkcí umí na základě zadaných parametrů redukovat povrchovou síť a tak ji optimalizovat (redukcí počtu trojúhelníků) pro využití pro VR.



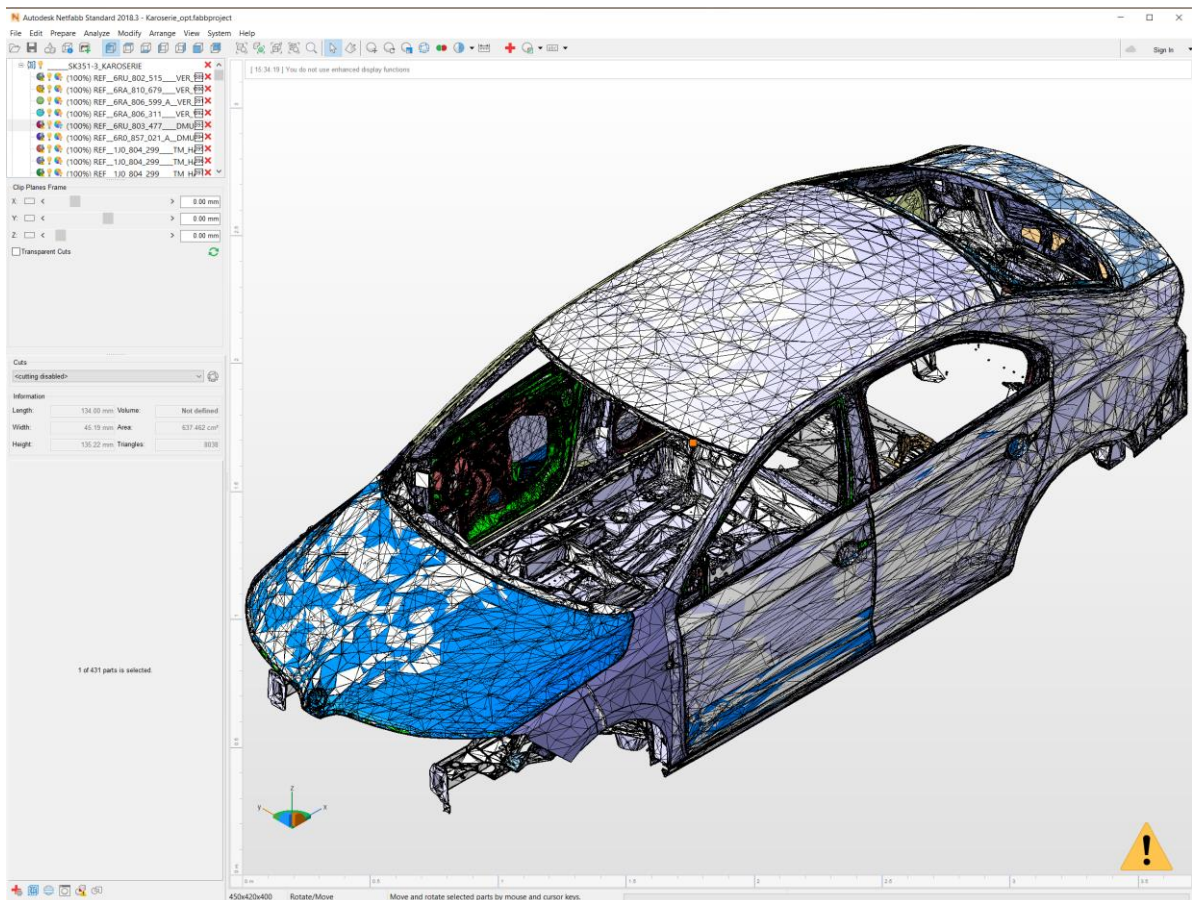
Obrázek 39: Logo aplikace Autodesk Netfabb

Po nahrání souborů ve formátu CATIA do Netfabbu jsem musel nejdříve opravit nalezené problémy v povrchové síti. Zde se jednalo o duplikace (i mnohonásobné) vertexů (vrcholů trojúhelníků) či nekonzistence v samotném povrchu (protnutí) různých povrchů. Tuto funkci jsem mohl aplikovat pomocí vestavěných skriptů na celou sestavu součástí. To bylo velice pohodlné, protože aplikovat třeba tuto funkci ručně na kompletní sestavu motoru by bylo velmi časově náročné.

Samotná optimalizace povrchové sítě (Mesh) je rovněž zajímavý problém, který při použití v reálných 3D aplikacích je nutností. Povrchové sítě importované z CATIE odpovídají přesné strojové výrobě, ale pro rychlou vizualizaci není taková přesnost až tolik potřeba. Zde je potřeba především rychlost, kterou lze dosáhnout snížením počtu zobrazovaných trojúhelníků v povrchové síti.

Netfabb umožňuje tuto redukci sítě implementovat pomocí vestavěných skriptů a je na jeho uživateli, aby zvolil ty správné parametry, které zajistí identický (nebo skoro identický) vzhled modelu s výrazně redukovanou povrchovou sítí. Nedá se přesně a obecně popsat, které parametry a jakým způsobem mají být nastaveny. Velice záleží na rozměrech jednotlivé součástky, přesněji na jejím obalovém boxu (poměry šířky, výšky a délky). V některých případech se mi podařilo redukovat síť až na jednu desetinu počtu trojúhelníků z původní sítě. To považuji za velmi dobrý výsledek. Většinu povrchových sítí se mi takto podařilo zredukovat alespoň na jednu třetinu původního počtu trojúhelníků (v případě, že došlo k nějaké výrazné deformaci povrchové sítě, musel jsem parametry opět upravit).

Skupina součástek	*.catia	*.3ds	*.3ds optimalizované	Počet součástek
Motor	1,97 GB	1,46 GB	448 MB	467
Karoserie	885 MB	676 MB	40 MB	431
Interiér	3.06 GB	2,15 GB	211 MB	161



Obrázek 40: Aplikace Autodesk Netfabb

9.4 Vývoj aplikace v Unity

Rád bych zde zdůraznil, že v době, kdy byla tato práce zadána, jsem neměl prakticky žádné zkušenosti s Unity a ani jiným herním enginem. Nejprve jsem si tedy musel osvojit základní ovládání a způsob programování v Unity. Naštěstí Unity má velice dobře zpracovanou dokumentaci k API přímo na webu [68]. Vše je zde dobře popsáno a místy doplněno i příklady použití jednotlivých objektů či funkcí. Nejlépe se nové věci učí na příkladech a praktickým zkoušením. Touto cestou jsem se tedy vydal i já.

9.4.1 Editační skripty

Do Editoru Unity je možné přidávat vlastní skripty, které nejsou součástí scény ani herního objektu. Tyto skripty je možné zařadit do rozbalovacího menu podle libosti. Tímto způsobem lze vytvářet vlastní nástroje, které je pak možné používat bez nutnosti zapnutí scény.

K takto vytvořeným nástrojům lze přidat i vlastní klávesovou zkratku. Aby skript Unity mohl načíst, musí být uložen ve složce *Editor*. Jedná se o jednu ze speciálních složek, určenou pouze k tomuto účelu. V samotném skriptu pak musí být nad metodou přímo ve zdrojovém kódu napsáno:

*[MenuItem („ *jméno menu*/*jméno nástroje*“)]*

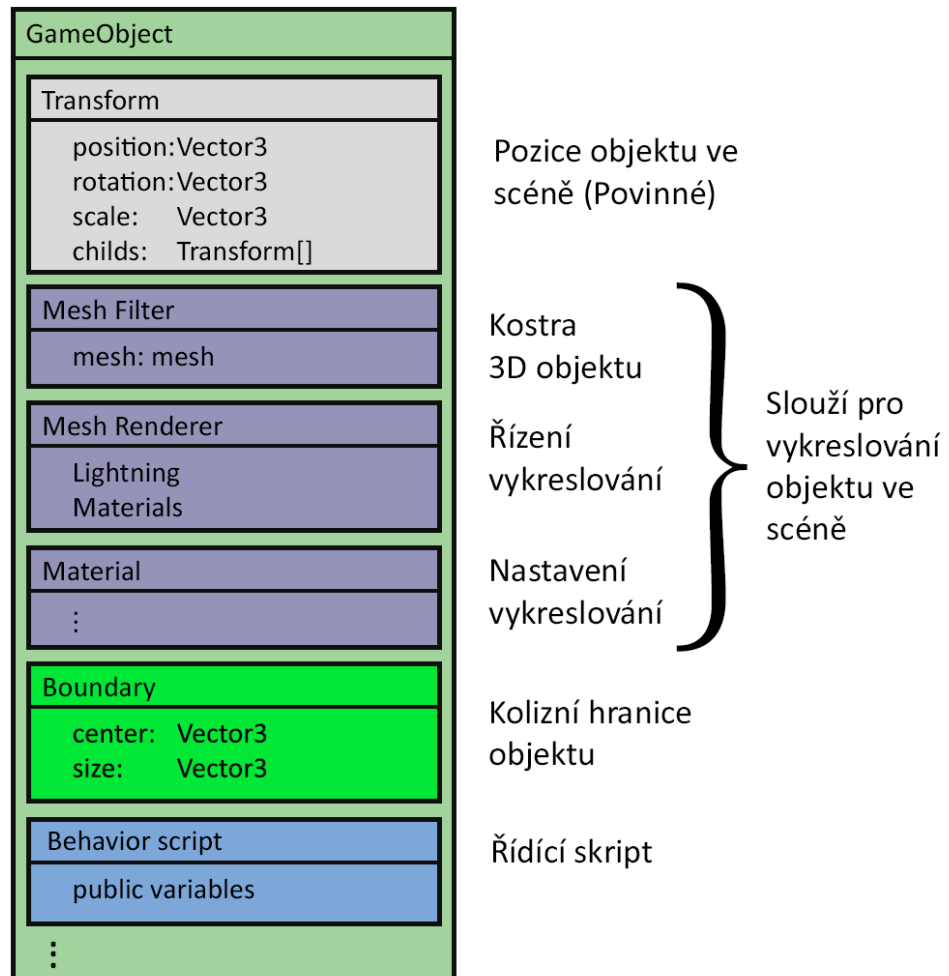
9.4.2 Řídící skripty objektů

Objekty ve scéně mají dané základní vlastnosti. Jako hlavní je jméno objektu, komponenta *transform* a zda je objekt zapnutý nebo ne. Poté mohou mít objekty k sobě přidané různé nepovinné komponenty přiřazující další vlastnosti. Mezi základní lze řadit komponenty pro renderování, řídicí skripty, kolize a další. Pokud je objekt ve scéně vypnutý, jeho řídicí skript se neprovádí a je také vypnut.

Skript je řízen třemi základními metodami, které určují, kdy se daná část kódu má spustit.

Tyto metody jsou:

- *Awake*: Spouští se při spuštění scény
- *Start*: Spouští se při zapnutí skriptu
- *Update*: Provádí se při každém vykreslení snímku na obrazovku



Obrázek 41: Popis struktury objektu v unity

9.4.3 Testovací místnost

Nejprve jsem si vytvořil v editoru cvičnou místnost – scénu, která měla sloužit jako místo pro mé pokusy a testování. Do ní jsem vložil zjednodušený vnější model vozu Škoda Rapid. Tento model obsahoval několik součástí karosérie, které bylo možné animovat, a se kterými jsem si mohl vyzkoušet základní interakce ovladačů a částí modelu (otvírání dveří a kapoty, usazení na místo řidiče apod.).



Obrázek 42: První testovací scéna s animovanými dveřmi a kapotou

9.5 Výsledná aplikace

Po těchto úvodních krocích jsem si již dovolil přistoupit k vývoji vlastní aplikace. Rozhodl jsem se využít uzavřenou scénu ve formě haly, která mi umožnila využít její rozlohu pro jednotlivé tematicky oddělené zastávky a zároveň vše uzavřít v jediném prostoru.

9.5.1 Zastavení první – úvodní zaškolení

Po spuštění aplikace se uživatel objeví v hale ve výchozí pozici. Může se libovolně rozhlížet. V jeho zorném poli se objeví několik animovaných obrázků, které ho provedou umístěním a použitím jednotlivých ovládacích prvků na ovladačích.

Každý jednotlivý krok tohoto tutoriálu vyžaduje provedení v něm popsaného úkonu (viz Obrázek 43: Úvodní seznámení s ovládacími prvky). Uživatel je k němu vyzíván, dokud ho opravdu neprovede. Po průchodu všech těchto zaškolovacích kroků se už uživatel může volně pohybovat a prozkoumávat jednotlivá stanoviště.

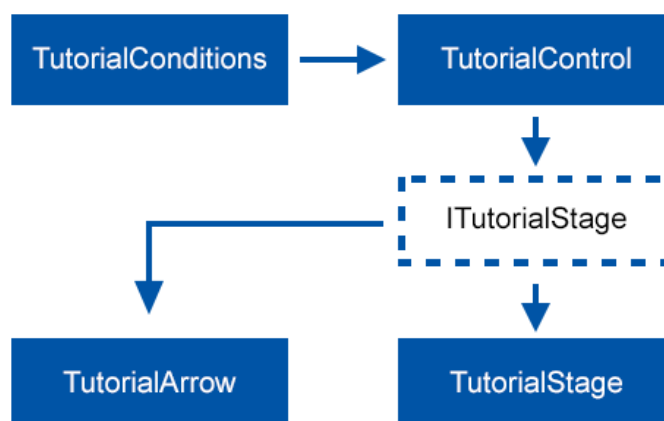
Uživatel je ke stanovištím navigován pomocí animovaných zelených šipek. Ty se zobrazují vždy po vyzkoušení funkcí stanoviště a směřují tak postupně uživatele halou po směru hodinových ručiček. Pokud se uživatel přiblíží k šipce dostatečně blízko, šipka se skryje a od uživatele se očekává vyzkoušení interakce na daném stanovišti.



Obrázek 43: Úvodní seznámení s ovládacími prvky

Každá část se aktivuje a ukončí až po vykonání specifické podmínky pro dané stanoviště (např. část tutoriálu). Část je tvořena vlastním objektem s dodávanou podmínkou při vytvoření. V řídicím skriptu tutoriálu se vytváří jednotlivé objekty a jsou seřazeny v posloupnosti, ve které se mají provádět. Po aktivování sekce se čeká na vykonání podmínky a po jejím splnění se provede ukončení (vypnutí animace) a přepnutí se na další část v pořadí.

Části pro navigaci uživatele není potřeba dodávat podmínku z řídicího skriptu. Pro splnění sekce pro přesun stačí, aby se uživatel přesunul dostatečně blízko určené pozici. Proto část pro navigaci má vlastní typ objektu. Aby různé typy sekcí mohly být v listu seřazeny za sebou, využívám pro spojení interface.



Obrázek 44: Schéma propojení tříd tutoriálu

9.5.2 Zastavení druhé – Přehrávání zvukových stop

Zde jsem vytvořil tři panely s aktivním tlačítkem (viz Obrázek 45: Stanoviště Test zvuku). Při provedení interakce pomocí ovladačů dojde k přehrávání zvukových stop. Potenciál, který má toto zastavení předvést, je třeba ve zvukovém popisu jednotlivých částí vozidla. Použil jsem pouze výstražné zvuky. Namluvení popisu třeba částí nápravy by bylo zdlouhavé a kvalita by nebyla jako od profesionálního mluvčího (komentátora, dabéra).



Obrázek 45: Stanoviště Test zvuku

Zvolil jsem proto raději takovéto řešení. Ten samý kód jde s mírnými úpravami použít i na sestavy vozu se stejným výsledkem. Lišil by se pouze v převodní tabulce mezi identifikátorem dílu a jménem souboru se zvukovou stopou.

9.5.3 Zastavení třetí - Pohyb předměty

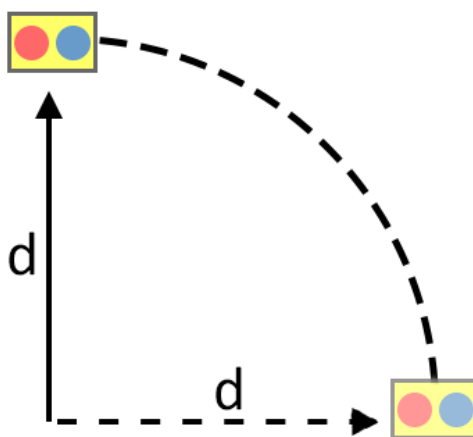
Jedna ze základních interakcí s objekty ve virtuální realitě i možnost s nimi hýbat. Na tomto stanovišti má uživatel možnost vyzkoušet si chování při pohybu s předměty.

Pro demonstraci této funkce jsem ve scéně vytvořil stůl s jednoduchým modelem autobaterie, s podložkou a se žárovkou. Uživatel má za úkol přesunout model autobaterie na určené místo a tím rozsvítit žárovku.



Obrázek 46: Stanoviště Test pohybu

Pohyb s objektem se aktivuje namířením ovladače na objekt, který má příslušný skript a zmáčknutím tlačítka *Select* a jeho držetím. Objekt poté opisuje kružnici okolo vertikální osy ovladače podle toho, jak se s ovladačem otáčí. Zároveň si objekt udržuje stále stejný odstup od ovladače. Po puštění tlačítka se objekt přestane pohybovat.



Obrázek 47: Znáznornění pohybu s objektem

Zastávka demonstruje možnost pohybovat s předměty ve virtuální realitě. Ukazuje i možnost reakce ostatních objektů ve scéně na předmět. Uživatel může být například upozorněn, že zaměnil součástky nebo nedodržel postup při montáži.

Řídící skript je napsán univerzálně. Stačí, aby objekt měl nastavenou vlastnost *kolize*, a je možné s objektem třeba tímto způsobem manipulovat.

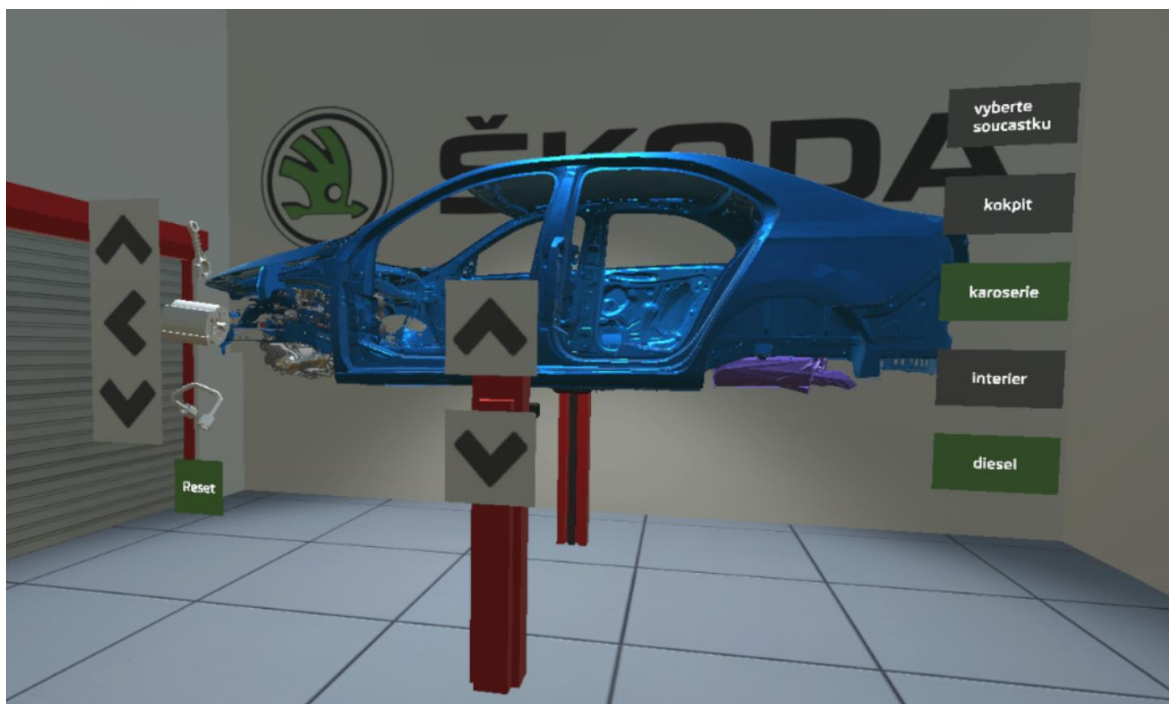
9.5.4 Zastavení čtvrté - Stanoviště se zvedákem

Hlavní ukázkou funkcí ve scéně je model vozu Rapid (jeho dílů a částí) dodaný společností Škoda Auto a. s. Především jsou využity možnosti nepřímé interakce s modely ve scéně.

Uživateli se po přiblížení k modelu zvedáku objeví dvě menu i s jejich popisem. Jedno menu slouží pro procházení součástek jednotlivých sestav. Poté může následně dojít ke zvolení jediné jediné součástky, která zůstane zobrazena (na svém místě) a ostatní součástky se skryjí. Druhé menu umožňuje vybrat skupinu součástek (motor, karoserie, ...), která se má zobrazit. Tyto dvě menu jsou na sobě nezávislé, i když pracují se stejným modelem a daty.

Model menu pro výběr součástky je generován přímo ve scéně. Tedy k jeho vytvoření dojde až při zapnutí scény. Toto řešení jsem vybral z důvodu, aby kořenové menu i menu nižší úrovně mohly být vytvořeny stejným způsobem.

Menu je sestaveno ze sedmi částí. Třemi navigačními šipkami (pro posouvání v menu dolů, nahoru a vrácení se na předchozí úroveň menu) a třemi aktivními objekty. Objekty mohou být odkazy na další menu, nebo již finální součástky. Odkaz na další menu je vytvořen jako tlačítko, které vzniká objektem „plane“ a textem s názvem další kategorie. Součástka je reprezentována reálným modelem součástky s upravenou velikostí tak, aby byla obsáhla prostor v menu. Pokud uživatel vybere součástku, kterou chce zobrazit, zobrazí se tlačítko reset, které opět zobrazí všechny skryté součástky.



Obrázek 48: Ukázka stanoviště Zvedáku se zapnutou kategorií karoserie a diesel

Struktura menu používá vlastně stromovou strukturu. Objekt menu má veřejnou proměnnou, do které se vkládá objekt ve scéně (v našem případě model Rapidu), který má být kořenem. Uzly jsou reprezentovány podmenu. Součástky, které jsou poslední úroveň stromu. Využívají možnost Unity, označit objekt *tagem*. Součástky mají *tag* “CarPart”. Pokud potomek tento *tag* nemá, jedná se o další podmenu a uživatel se tak posouvá v hierarchii o další úroveň.

Tímto způsobem mohou být zobrazeny ve stejné úrovni menu jak součástky, tak odkazy na podmenu. Zároveň úpravy struktury je možné provádět přímo v Unity pouhou změnou potomků v hierarchii objektů v kořenovém objektu.

Skrytí součástí je realizováno nalezením všech objektů, které jsou potomky kořenového objektu a mají *tag* “CarPart”. Protože modely součástí nejsou jednotné, ale jsou po importu rozdělené na několik podmodelů, jsou vybrány potomci součástky a v nich vypnuta komponenta zajišťující renderování modelu. Poté u součástky, která má být zvýrazněna je tato komponenta opět zapnuta.

Resetování zobrazení položek probíhá podobným způsobem. Jen je komponenta pro vykreslování zapínána. Pokud již má objekt komponentu zapnutou, nevadí to.

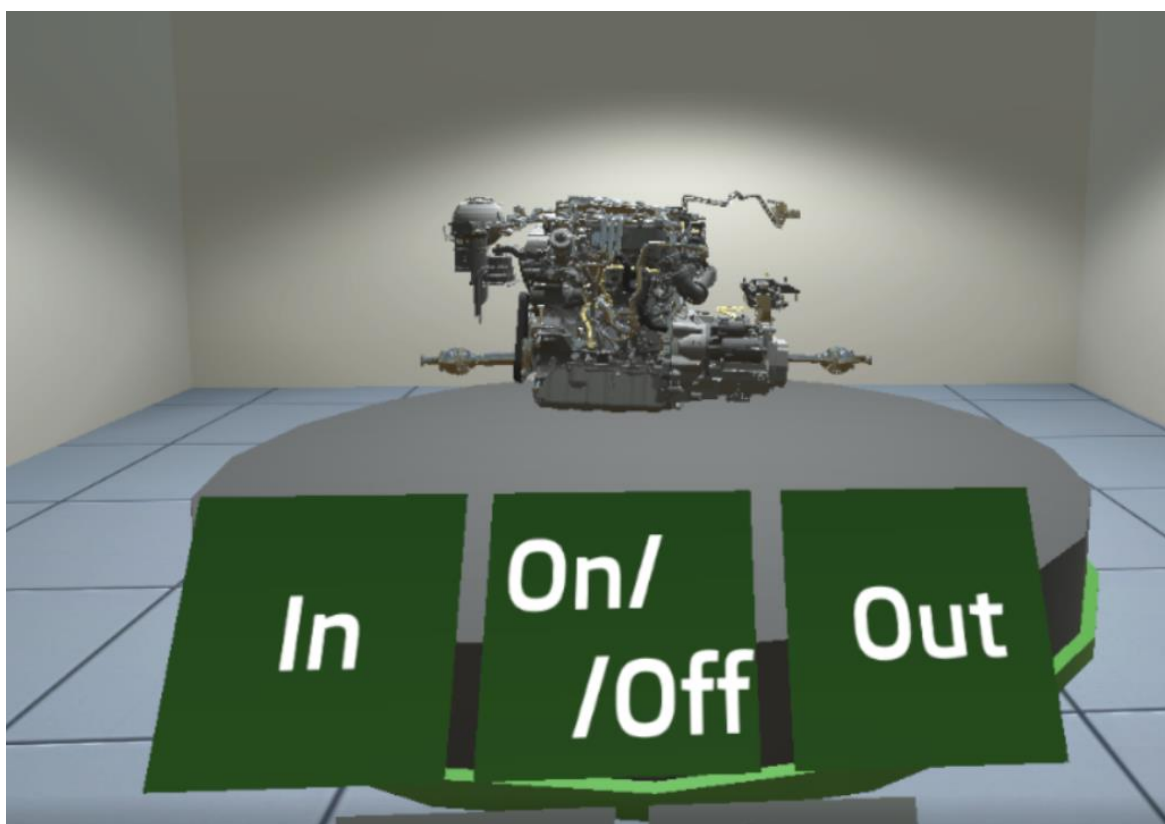
9.5.5 Zastavení páte - Projektor součástí

Zde má uživatel možnost vidět animaci sestavy motoru rozkládajícího na jednotlivé komponenty. Motor je na počátku v celku a uživatel může součástky nechat od sebe oddělit a poté zase nechat motor složit. Uživatel projektor ovládá pomocí menu s tlačítky pro zapnutí samotného stanoviště, odtažení součástí od sebe a stažení součástí opět k sobě. Vzdálenost mezi součástkami může uživatel určit podle doby držení jednotlivých tlačítek.

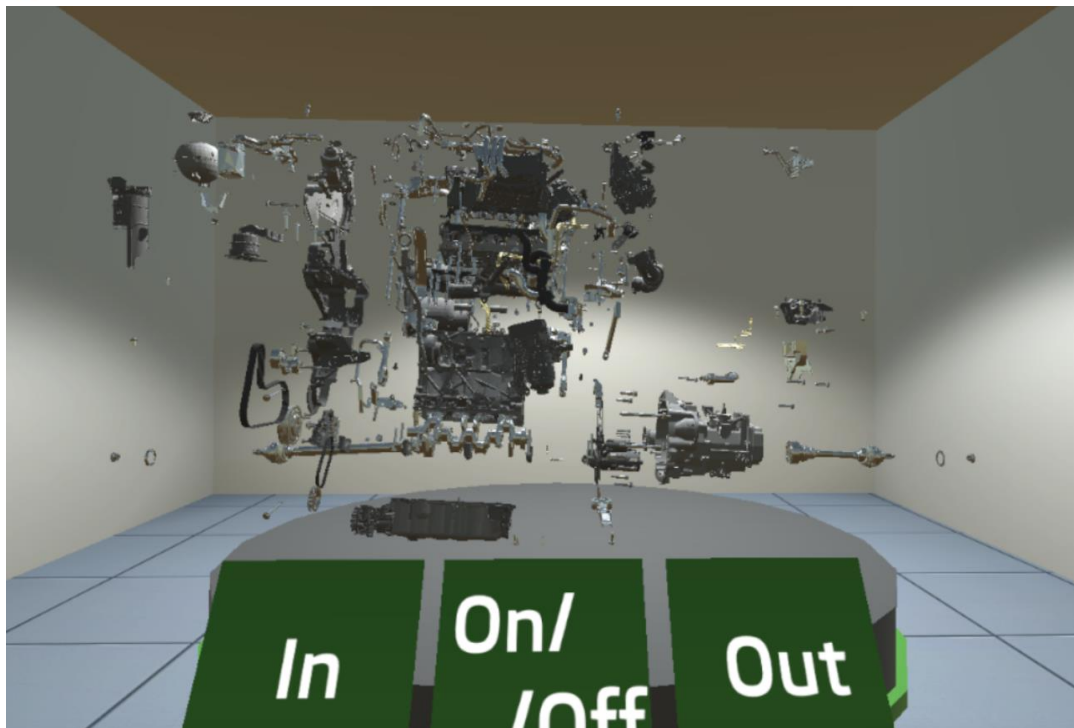
Není ovšem možné překročit limity úplného složení a daný limit pro úplné rozložení. Celou sestavou motoru lze otáčet pomocí dalších dvou tlačítek.

Tato ukázka slouží především k prezentaci součástek a jejich uspořádání, ve kterém je těžké se zorientovat a je potřeba součástky zobrazit v kontextu s ostatními částmi. Lze si tak pohromadě prohlédnout všechny dílčí části bez toho, aby byly ukryty uvnitř celé sestavy.

Opět je možné tento algoritmus podobně aplikovat také na další sestavy. Motor jsem použil proto, že je jeho rozložení na části velmi efektní, a v sestaveném stavu zabírá relativně malý prostor. Pokud bych stejný postup aplikoval třeba na karosérii, tak podobného efektu bych docílil pouze zmenšením měřítko modelu.



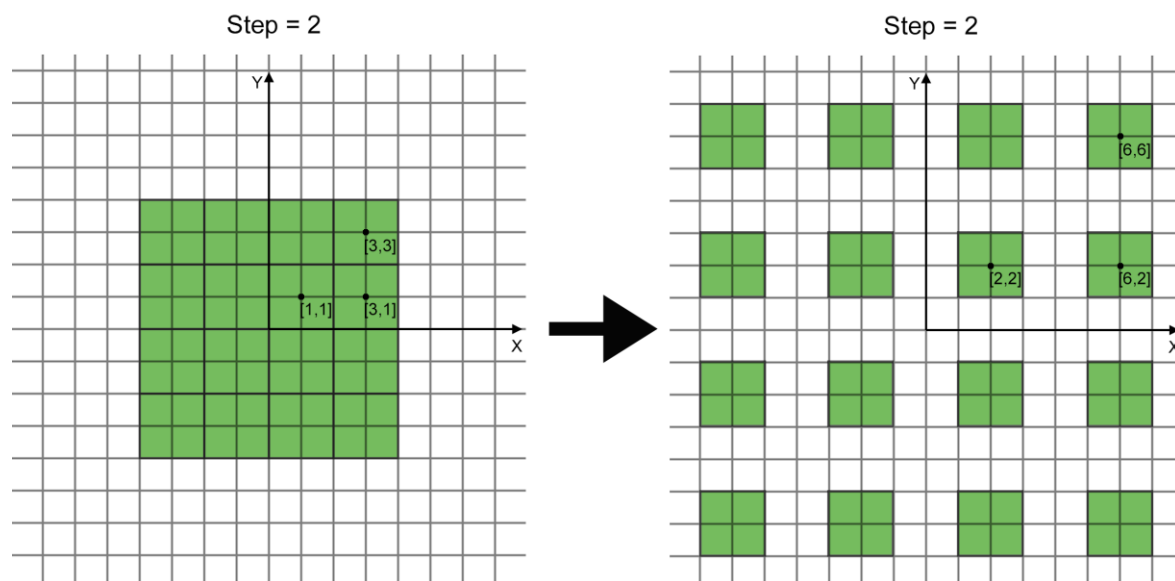
Obrázek 49: Stanoviště Projektor součástek - složený motor



Obrázek 50: Stanoviště Projektor součástek - rozložený motor

Je zde tedy možnost rozšíření projektoru součástek například o vytvoření menu, ve kterém by si uživatel mohl vybrat z různých sad sestav součástek (palubní deska, náprava atd.).

Algoritmus pro oddalování součástek od sebe je sestaven tak, že se souřadnice součástek vztažené ke skupině objektů, ve které se nachází (motor), vynásobí určeným krokem. Tím se zajistí, že objekty vzdálenější od středu skupiny se posunou rychleji.



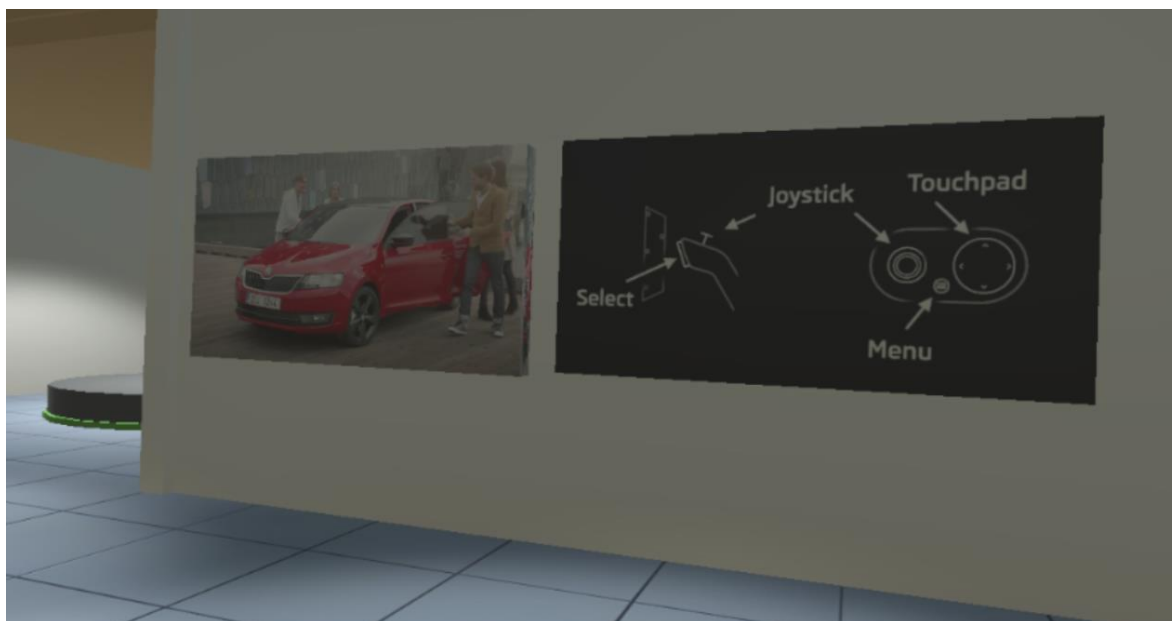
Obrázek 51: Znárodnění odtažení objektů ve 2D

9.5.6 Zastavení šesté – Ukázka videa

Jako poslední zastavení je uživateli předvedena obrazovka, na které se přehrává propagační video Škoda Auto i se zvukem. Video program (ve smyslu audiovizuálního díla) je běžný prvek při zaškolení zaměstnanců v různých oborech lidské činnosti. Bohužel, neměl jsem takové vhodné video k dispozici, tak jsem ho nahradil právě tímto reklamním spotem. Video běží v nekonečné smyčce, ale pouze pokud je uživatel v blízkosti plochy, na které je video přehráváno, je slyšet doprovodná audio stopa.

Tato ukázka tedy prezentuje možnost pouštět jakákoliv digitalizovaná videa i s prostorovým zvukem. Pokud uživatel má potřebný hardware (např. sluchátka s více než jedním výstupním kanálem), může prostorový zvuk vyzkoušet, pokud se před videem bude třeba otáčet. Audio stopu navíc lze nastavit tak, aby byla slyšitelná jen do určité vzdálenosti od virtuálního zdroje (obrazovky). Lze nastavit i křivku, podle které se audio bude ztišovat v závislosti na zvětšující vzdálenosti od tohoto zdroje.

Realizace tohoto zastavení se mi jeví jako dostatečná, ale je zde rovněž hodně prostoru, jak ho vylepšit. Dá se třeba detekovat, zda uživatel video projekci opravdu sleduje, a na kterou část a v jakém čase zaměří svůj pohled apod.



Obrázek 52: Ukázka videa a popisu ovladače

9.6 Zdrojové kódy aplikace

Nedílnou součástí zdrojových kódů jsou i modely z výrobních výkresů Škoda Auto a.s. k jejichž distribuci nemám já ani FM TUL oprávnění. Po konzultaci s vedoucím práce a zadavatelem jsme se rozhodli, že nebudou tvořit součást této práce ve formě přílohy. Jednu kopii má u sebe k dispozici vedoucí práce Ing. Petr Kretschmer (petr.kretschmer@tul.cz) z NTI FM TUL a druhá byla předána Ing. Janu Chládkovi za stranu zadavatele této práce.

9.7 Video ukázka z běhu aplikace

Video klip se záznamem interakce uživatele ve VR méj aplikace je dostupné na adrese <https://youtu.be/nrIqOvbf8CA>. Je možné použít i následující QR kód.



Obrázek 53: QR kód s odkazem na videoukázku z aplikace

10 Závěr

Byla vytvořena rešerše, která vysvětluje základní terminologii a zároveň sloužila jako úvod do problematiky virtuální reality pro společnost Škoda Auto a.s. Jsou v ní krátce popsány zařízení pro rozšířenou realitu a virtuální realitu, smart glasses a handheld. K jednotlivým typům zařízení jsou vytvořeny seznamy s jejich reprezentanty, jejich parametry a s odkazy na výrobce či další doplňující informace. Dalším tématem této rešerše jsou i možné problémy při používání virtuální nebo rozšířené reality, jako hmotnost náhlavní soupravy nebo nemoc z pohybu (kinetóza). Teoretická část byla doplněna údaji o herních enginech s podporou pro MR obecně.

V další části práce byla vytvořena aplikace, která pro Škodu Auto a.s. demonstruje možnosti aplikace AR/VR ve výrobě a pro podporu výroby. Od společnosti Škoda Auto a. s. jsem obdržel modely, které bylo potřeba převést do správného formátu. Modely nejsou zcela optimalizované. Částečně za to mohou konverzní nástroje do potřebného formátu. Možná je i chyba ve zdrojových datech ve formátu z Catie (starší verze). Některé problémy pravděpodobně způsobila i příliš velká redukce trojúhelníkové sítě u některých součástek. Došlo k jejich deformaci. Tento proces je časově náročný a má vysoké požadavky na výkon a paměť počítače. Časově se jednalo o nejvíce náročnou část této práce.

Žádné konkrétní pracoviště ze současné výrobní linky nebylo v této práci přímo realizováno. Vyžadovalo by to navíc ještě výkresovou dokumentaci k takovým stanovištím a s tím by byly spojeny další časově náročné činnosti. Vlastní stanoviště Repass bylo tedy alespoň nastíněno v konečném stavu aplikace díky zastávce, které obsahuje interakci s modelem vozu Škoda Rapid, výběrem sestav a jednotlivých součástek.

V praktické realizaci jsem se zaměřil především na vizuální stránku a formu interakce uživatele s virtuálním prostředím. Audio prvky jsou zde také obsaženy, ale spíše jako ukázka toho, že je možné je použít. Je potřeba pro ně najít lepší uplatnění.

Během práce jsem objevoval možnosti Unity a učil se využívat toho, co dokáže a jaké má silné stránky. Při zpětném pohledu a s vědomím mých dnešních zkušeností bych některé skripty psal více obecně, aby se tak zlepšila jejich univerzálnost pro jejich další využití. Toto je však právě bez takto získaných zkušeností prakticky nemožné.

Za sebe mohu konstatovat, že všechny body zadání jsem splnil. Práce mne samotného obohatila o zajímavé a inspirující znalosti a zkušenosti. Rád budu pokračovat ve svém zaměření právě tímto směrem – k vývoji MR aplikací.

11 Reference

- [1] Wikimedia Foundation, Inc., „Augmented reality,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality. [Přístup získán 15 08 2018].
- [2] Wikimedia Foundation, Inc., „Virtual reality,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality. [Přístup získán 15 08 2018].
- [3] Wikimedia Foundation, Inc., „Mixed reality,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Mixed_reality. [Přístup získán 15 08 2018].
- [4] „HoloLens hardware details,“ 09 10 2017. [Online]. Available: https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/hololens_hardware_details.
- [5] „Analyzing HoloLens Field of View (FOV) - Updated,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <http://windowscomments.com/?p=660>.
- [6] SeanL@WCC, „Guessing HoloLens Battery Life,“ WindowsComments.com, 5 5 2015. [Online]. Available: <http://windowscomments.com/?p=1215>. [Přístup získán 10 11 2017].
- [7] „Meta 2 Augmented Reality Development Kit,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://buy.metavision.com/products/meta2>.
- [8] „Meta 2,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/meta-2-d4085777.htm>.
- [9] „ATHEER AIR GLASSES DEVELOPER KIT,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://store.atheerair.com/air-glasses-developer-kit.html>.
- [10] „Moverio BT-300,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.epson.cz/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-300>.
- [11] „UNO,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <http://www.glassup.com/en/uno/>.
- [12] „Headset Solutions,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <http://www.kopin.com/offerings/headset-solutions/default.aspx>.
- [13] „Meet shima,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://laforgeoptical.com/pages/meet-shima>.
- [14] „ORA-2,“ 31 10 2017. [Online]. Available: http://www.optinvent.com/our_products/ora-2/.

- [15] „Recon Jet™,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.reconinstruments.com/products/jet/>.
- [16] „M100 Smart Glasses,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.vuzix.com/Products/m100-smart-glasses>.
- [17] „Acer Windows Mixed Reality Headset Developer Edition,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-ca/store/d/acer-windows-mixed-reality-headset-developer-edition/8pb4twx13m2n?activetab=pivot%3aoverviewtab> .
- [18] „Acer Windows Mixed Reality Headset + ovladače,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/acer-windows-mixed-reality-d4923809.htm>.
- [19] „ASUS Windows Mixed Reality Headset,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.asus.com/Headset/ASUS-Windows-Mixed-Reality-Headset-HC102/>.
- [20] „Asus Windows Mixed Reality,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/asus-windows-mixed-d5104436.htm>.
- [21] „Asus' Windows Platform VR Headset Detailed,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://uploadvr.com/asus-windows-vr-headset-revealed/>.
- [22] „The Dell Visor,“ 10 10 2017. [Online]. Available: <http://www.dell.com/en-us/shop/the-dell-visor/apd/536-bbbr/gaming> .
- [23] „Dell Visor,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/dell-visor-d5117929.htm>.
- [24] „Samsung HMD Odyssey the Ultimate Windows Mixed Reality Experience,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://news.samsung.com/us/samsung-hmd-odyssey-ultimate-windows-mixed-reality-experience/>.
- [25] „FOVE 0: EYE TRACKING VR DEVKIT FOR DEVELOPERS, CREATORS, RESEARCHERS,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.getfove.com> .
- [26] „FOVE VR,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/fove-vr-d3852805.htm>.
- [27] „VR Product,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.vive.com/eu/product/>.
- [28] „HTC Vive,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/htc-vr-vision-d2649129.htm>.
- [29] „OCULUS RIFT VS,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/>.

- [30] „PlayStation VR vs PC Oculus Rift vs Vive Comparison Chart,“ 09 10 2017. [Online]. Available: http://www.ign.com/wikis/playstation-4/PlayStation_VR_vs_PC_Oculus_Rift_vs_Vive_Comparison_Chart.
- [31] „Rift,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.oculus.com/rift/>.
- [32] „Oculus Rift HD,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/oculus-rift-hd-levne-d4526126.htm>.
- [33] „OCULUS RIFT VS,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/>.
- [34] „Oculus Rift Specifications: Fantastic controllers for VR, but the Rift has a few drawbacks,“ 09 10 2017. [Online]. Available: <https://www.cnet.com/products/oculus-rift/specs/>.
- [35] „HDK1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <http://www.osvr.org/hdk1.html> .
- [36] „Razer OSVR HDK 1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/razer-osvr-hacker-dev-kit-d3024857.htm>.
- [37] „OSVR HDK 1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=R5WtUzNVslo>.
- [38] „Razer OSVR Hacker Developer Kit 1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <http://www.tomshardware.co.uk/razer-osvr-hacker-dev-kit-1.4-review,review-33605-2.html>.
- [39] „StarVR,“ 25 10 2017. [Online]. Available: <https://www.starvr.com>.
- [40] „StarVR headset first impressions: IMAX approved and ambitious: IFA 2016: It beats Oculus on paper but how about on face?,“ 25 10 2017. [Online]. Available: <https://www.wearable.com/vr/starvr-headset-review> .
- [41] „AVEGANT VIDEO HEADSET: Your Personal Theater,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.avegant.com/video-headset>.
- [42] „Avegant Glyph,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/avegant-glyph-d3852807.htm> .
- [43] „Testing: Avegant Glyph Head-Mounted Display,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <http://www.tested.com/tech/tvs/564824-testing-avegant-glyph-head-mounted-display/>.
- [44] „Dlodlo V1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.dlodlo.com/en/v1-summary>.

- [45] „Dlodlo V1,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/dlodlo-v1-d4423220.htm>.
- [46] „EXCHIMP AI1 All-in-One VR Headset,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.kickstarter.com/projects/sunnybag/exchimp>.
- [47] „Technical specification,“ 24 10 2017. [Online]. Available: https://cdn.shopify.com/s/files/1/1736/8255/files/EXCHIMP-AI1_TechSpecs_Jul17.pdf?728037105056647233.
- [48] „LG 360 VR: LGR100,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <http://www.lg.com/us/mobile-accessories/lg-LGR100AVRZTS-360-vr>.
- [49] „Gear VR: with Controller,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>.
- [50] „Samsung Gear VR,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/samsung-gear-vr?dq=4399496>.
- [51] „EVOLVEO VRC-4: Brýle pro virtuální realitu,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <http://www.evolveo.com/cz/vrc-4>.
- [52] „V2 CARDBOARD VIRTUAL REALITY HEADSET (KRAFT),“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.imcardboard.com/cardboard-vr-v2-box-132.html>.
- [53] „ColorCross: Vítejte ve virtuální realitě,“ 31 10 2017. [Online]. Available: www.colorcross.cz/novinky.
- [54] „ColorCross 010,“ 31 10 2017. [Online]. Available: <https://www.alza.cz/gaming/colorcross-010-d4081353.htm>.
- [55] Čížek, Jakub;, „Živě.cz,“ CN Invest a.s, 20 09 2013. [Online]. Available: <https://www.zive.cz/clanky/video-vyzkouseli-jsme-hlasove-ovladani-ve-windows-8/sc-3-a-170625/default.aspx>. [Přístup získán 10 11 2017].
- [56] Wikimedia Foundation, Inc., „Throat Microphone,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Throat_microphone. [Přístup získán 15 08 2018].
- [57] Warhorse Studios s.r.o., „Warhorse Studios Licensed CryENGINE®3 to Develop Role-Playing-Game,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://warhorsestudios.cz/index.php?page=blog&entry=blog_006. [Přístup získán 15 08 2018].

- [58] Crytek, „CRYengine - VR Support,“ 15 08 2018. [Online]. Available: <http://docs.cryengine.com/display/CEMANUAL/VR+Support>. [Přístup získán 15 08 2018].
- [59] Apple Inc., „ARKit,“ Apple Inc., [Online]. Available: <https://developer.apple.com/arkit/>. [Přístup získán 06 11 2017].
- [60] Google, Inc., „ARCore,“ Google, Inc., [Online]. Available: <https://developers.google.com/ar/>. [Přístup získán 06 11 2017].
- [61] M. Brázdilová, „Letem světem Applem,“ Text Factory s.r.o., 31 08 2017. [Online]. Available: <https://www.letemsvetemapplem.eu/2017/08/31/arkit-neni-zrejme-az-tak-dokonalny-jak-se-puvodne-myslelo-vyvojari-prozradili-jeho-nedostatky/>. [Přístup získán 06 11 2017].
- [62] M. Mikešová, „Živě.cz,“ CN Invest.cz, 1 11 2017. [Online]. Available: <https://www.zive.cz/bleskovky/bryle-hololens-se-zacnou-prodavat-v-cesku-po-trech-letech-od-vedeni/sc-4-a-190283/default.aspx>. [Přístup získán 10 11 2017].
- [63] „Minimum PC hardware guidelines,“ Microsoft | Windows Dev Center, 10 12 2017. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/enthusiast-guide/windows-mixed-reality-minimum-pc-hardware-compatibility-guidelines>.
- [64] Microsoft, „Install the tools,“ Microsoft, 15 08 2018. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/install-the-tools>. [Přístup získán 15 08 2018].
- [65] Wikimedia Foundation, Inc., „Microsoft Imagine,“ 15 08 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Imagine. [Přístup získán 15 08 2018].
- [66] Microsoft, „Mixed Reality Toolkit - Unity,“ 15 08 2018. [Online]. Available: <https://github.com/Microsoft/MixedRealityToolkit-Unity>. [Přístup získán 15 08 2018].
- [67] Unity Technologies, „Model file formats,“ 15 08 2018. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/3D-formats.html>. [Přístup získán 15 08 2018].
- [68] Unity Technologies, „Unity User Manual,“ 15 08 2018. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>. [Přístup získán 15 08 2018].
- [69] „Exchimp,“ 24 10 2017. [Online]. Available: <https://www.exchimp.com>.
- [70] J. Joseph J. LaViola, „A discussion of cybersickness in virtual environments,“ *ACM SIGCHI Bulletin*, sv. 32, č. 1, 2000.

[71] „Vr Lens Lab: Field of View for Virtual Reality Headsets Explained,“ 6 11 2017.
[Online]. Available: <https://vr-lens-lab.com/field-of-view-for-virtual-reality-headsets/>.