

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA JADERNÁ A FYZIKÁLNĚ INŽENÝRSKÁ

Katedra softwarového inženýrství

Studijní program: Aplikace informatiky v přírodních vědách



Využití metod virtuální reality pro vizualizaci numerické simulace dynamiky tekutin

Utilization of virtual reality tool for the visualization of fluid flow numerical simulation

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval: Martin Tůma
Vedoucí práce: Ing. Pavel Eichler, Ph.D.
Rok: 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Děčíně dne

.....

Martin Tůma

Název práce:

Využití metod virtuální reality pro vizualizaci numerické simulace dynamiky tekutin

Autor: Martin Tůma

Studijní program: Aplikace informatiky v přírodních vědách

Specializace: –

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Eichler, Ph.D.

Katedra softwarového inženýrství, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze

Konzultant: –

Abstrakt: Popis práce česky

Klíčová slova: Virtuální realita

Title:

Utilization of virtual reality tool for the visualization of fluid flow numerical simulation

Author: Martin Tůma

Abstract: Popis práce anglicky

Key words: Virtual reality

Obsah

Úvod	5
1 Využití Unity pro VR vizualizaci	7
2 Mřížková Boltzmannova metoda	10
3 Návrh a implementace programu	11
3.1 Postup při návrhu	11
3.2 Technické detaily implementace	11
Závěr	12
Seznam použitých zdrojů	13
Přílohy	15
A Dokumentace k aplikaci	15

Úvod

S technologickým vývojem se objevila z různých specializovaných důvodů potřeba manipulovat s daty ve 3-rozměrném prostoru a tak byly vyvinuté technologie, které toto zobrazení umožňují. Mezi tyto technologie patří VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality) a MR (Mixed Reality). VR je technologie která nám umožňuje vstoupit do digitálního světa a manipulovat s 3D objekty, AR zachovává prvky opravdového světa a přidává k němu digitální "displej" (představme si například jako HUD v herním světě). MR se snaží tyto dvě technologie zkombinovat a poskytnout možnost, jak rozšířit opravdový svět o 3D objekty se kterými je možné manipulovat. V této práci se budeme zabývat VR světem, který je atraktivní pro různé průmysly, v praxi se můžeme setkat například s využitím v zábavním průmyslu, medicíně[10], ale i třeba v stavebnictví[11]. Pro plné využití je třeba použít vhodné hardwarové vybavení. Na trhu máme na výběr z několika různých výrobců a modelů, například Meta Quest[4] od společnosti Meta, HTC Vive[1] od společností Valve a HTC nebo Valve Index[2]. Hardware se liší hlavně v tom, jaké aplikace a knihovny ho podporují. Tato práce bude prováděna za použití Valve Index[2], jelikož k tomuto hardwaru máme přístup a je široce podporovaný.

Pro účel vytváření aplikací lze v dnešní době použít různé softwarové nástroje. Prvním příkladem těchto nástrojů jsou game enginey Unity[5] a Unreal Engine[7]. Tyto enginey nám poskytují možnost vytvořit aplikaci pomocí již předpřipravených knihoven a nástrojů, mezi nimiž nalezneme například detekci vstupu hardwaru[6], nebo nástroje pro multiplatformní vývoj[20]. Tyto enginey jsou používány v různých odvětvích, jako je stavebnictví[11] nebo ve zdravotnictví (produkty od Virtamed[10]).

Aplikace ParaView[12] poskytuje možnost pracovat s formáty souborů běžně používaných ve vědecké činnosti a poskytuje možnost vytvářet skripty pro automatizaci práce[21]. Dalším příkladem je NVIDIA IndeX, který se zaměřuje na práci s výpočetními clustery[14]. NVIDIA IndeX také existuje jako plugin pro ParaView umožňující 3D interakci s obrovskými datasety[13].

Pro tvorbu aplikací na nižší programovací úrovni můžeme použít knihovnu OpenVR[16], což je open source knihovna pod licenci BSD-3-Clause license[16]. Tato knihovna je vhodná pro případy, kdy chceme přímo manipulovat s hardwarem[16], její dokumentace je ale nedostatečná a tak práce s touto knihovnou není přímočará a je třeba tuto knihovnu prostudovat do hloubky.

V rámci této práce budeme využívat Unity pro tvorbu naší aplikace a to hlavně z důvodu dostupnosti softwaru, kompatibility s naším hardwarem[17] a disponibilitou různými rozšířeními (toolkity), které usnadňují práci s VR hardwarem, například

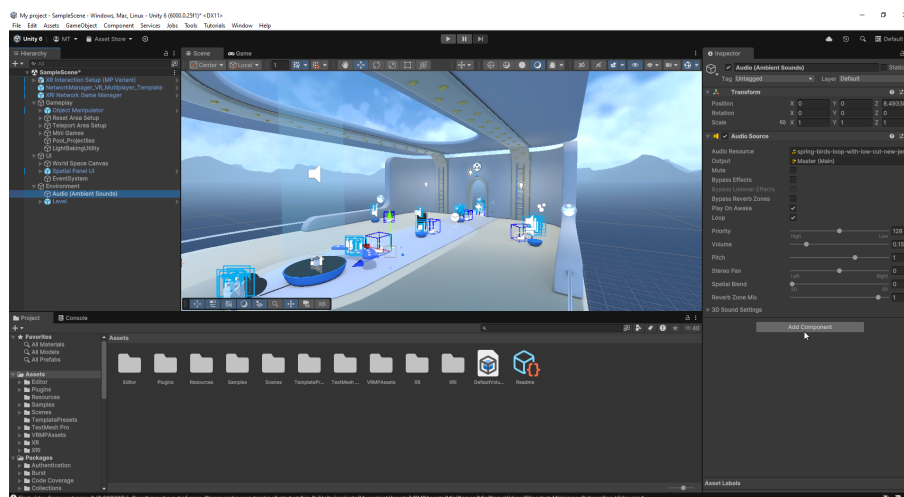
XR Interaction Toolkit[18].Budeme se zabývat použitím VR pro účel vizualizace numerických simulací v reálném čase. Tato aplikace půjde potencionálně využít při hlubším studiu jevů vyskytujících se v problematice proudění tekutin či jako rozšiřující prvek výuky studentů z FJFI.

Kapitola 1

Využití Unity pro VR vizualizaci

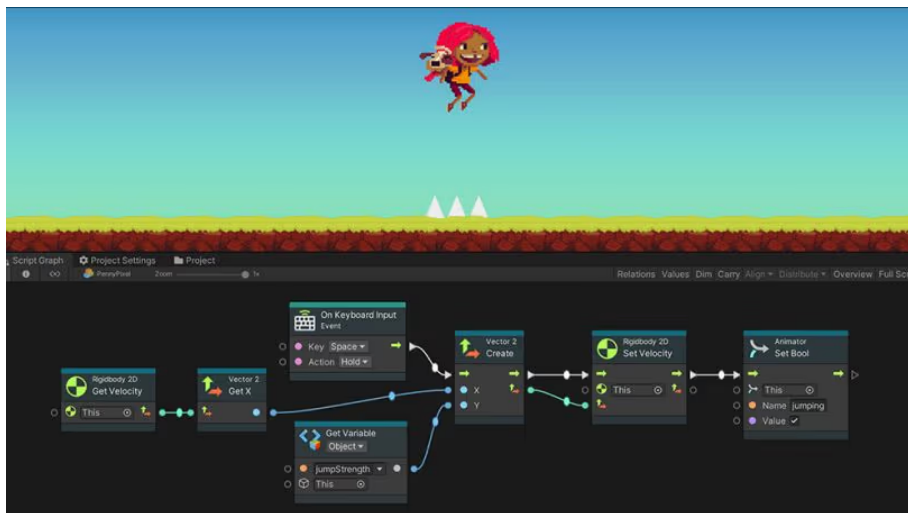
Unity je multiplatformní herní engine vyvinutý společností Unity Technologies. Byl vyvinutý za cílem umožnit vývojářům vytvářet interaktivní 3D a 2D obsah za využití různých robustních vestavěných možností.

Struktura projektu v Unity je zaměřená na scény, každý projekt má počáteční scénu, ve které se nacházejí objekty (také někdy označováno "assets", což nemusí označovat nutně pouze objekty, ale i skripty). V hlavním okně se můžeme setkat s několika různými panely, v rozložení "Default" nalezneme na levém panelu list všech objektů momentálně ve scéně, uprostřed vidíme jak naše scéna bude vypadat po spuštění projektu, na pravém panelu se nachází vlastnosti momentálně vybraného objektu a dole máme souborový prohlížeč, toto uspořádání můžeme vidět na obr.1.1. Tento layout můžeme kdykoliv změnit na jiný podle preference.



Obrázek 1.1: Unity hlavní okno

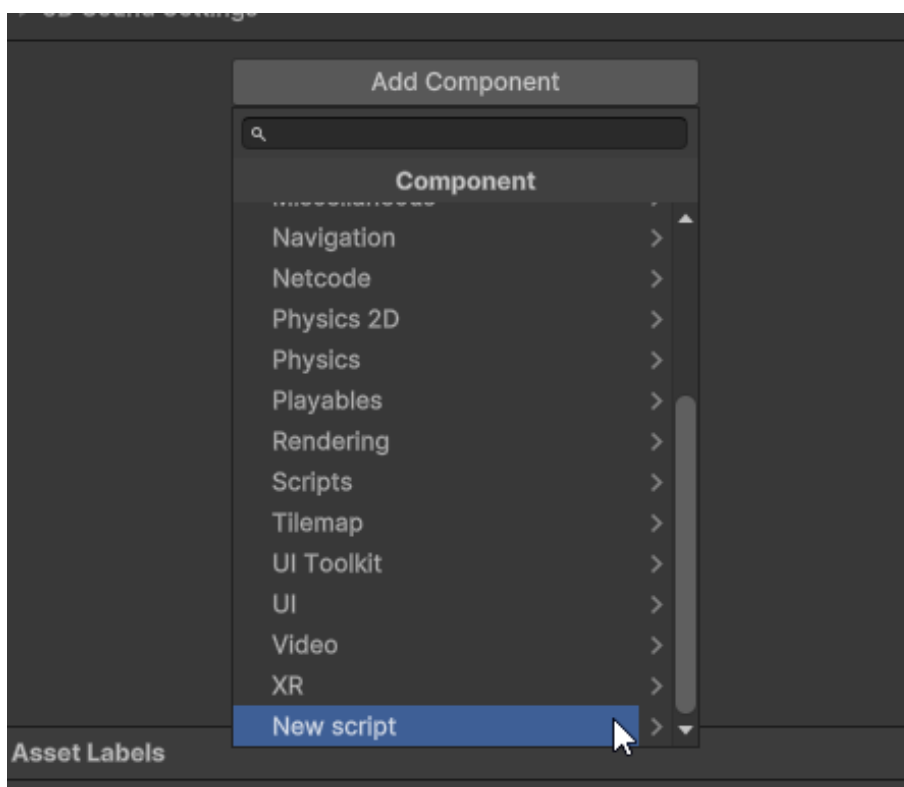
Programovat v Unity můžeme buď za pomoci vizuálního programování, viz obr.1.2, či za pomoci tradičního programování v jazyce C#.



Obrázek 1.2: Unity vizuální programování

Pro vytvoření skriptu stačí kliknout na požadovaný objekt, v pravém panelu najít tlačítko "Add Component" a v tomto submenu najít možnost "New script", viz obr.1.3.

Po pojmenování nového skriptu ho nalezneme v souboru Assets, odkud ho můžeme rozkliknout a otevřít pro editování v externím editoru, nikoliv v Unity.



Obrázek 1.3: Submenu pro přidání skriptu k objektu

Při vytvoření skriptu touto metodou se nám zobrazí již předgenerovaná "kostra" skriptu,

se kterou můžeme následovně pracovat, viz obr.1.4.

```
G: > Unity > projects > My project > Assets > NewBehaviourScript.cs
1  using UnityEngine;
2
3  public class NewBehaviourScript : MonoBehaviour
4  {
5      // Start is called once before the first execution of Update after the MonoBehaviour is created
6      void Start()
7      {
8      }
9
10
11     // Update is called once per frame
12     void Update()
13     {
14     }
15 }
16
17
```

Obrázek 1.4: Nový skript po vytvoření pomocí Add Component

Kapitola 2

Mřížková Boltzmannova metoda

Kapitola 3

Návrh a implementace programu

3.1 Postup při návrhu

3.2 Technické detaily implementace

Závěr

Zde napište text závěru své práce (1-3 strany, nerozdělujte na podkapitoly) nebo jej vložte ze samostatného souboru: např. příkazem `\input{vnitrek_zaver.tex}`.

Závěr by měl obsahovat shrnutí práce a zopakovat/zdůraznit, jaké jsou výsledky. Může obsahovat i náměty na budoucí rozšíření práce.

V závěru práce byste neměli hodnotit svou práci – to udělají členové komise při státní závěrečné zkoušce.

Literatura

- [1] HTC. *HTC Vive* [online]. 2016 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/>
- [2] VALVE CORPORATION. *Valve Index* [online]. 2019 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://store.steampowered.com/valveindex>
- [3] VALVE CORPORATION. *Half-Life: Alyx* [online]. 2020 [cit. 2024-11-10]. Dostupné z: https://store.steampowered.com/app/546560/HalfLife_Alyx/
- [4] META. *Meta Quest* [online]. 2020 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/quest-pro/>
- [5] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR OpenXR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.openxr@1.13/manual/index.html>
- [6] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR dokumentace ovládaní* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/OpenVRControllers.html>
- [7] EPIC GAMES. *Unreal Engine XR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/xr>
- [8] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/solutions/vr>
- [9] EPIC GAMES. *Precision OS* [online]. 2020 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/vr-medical-simulation-from-precision-os-trains-surgeons-five-times-faster>
- [10] VIRTAMED AG. *Virtamed simulace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.virtamed.com/en/custom-solutions/virtual-reality>
- [11] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR case study stavebnictví* [online]. 2017 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/case-study/outhere-and-skanska>
- [12] KITWARE. *ParaView VR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.kitware.com/navigation-basics-in-virtual-reality-with-paraview/>

- [13] NVIDIA. *NVIDIA IndeX dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia-hpcvis/containers/paraview-index>
- [14] NVIDIA. *NVIDIA IndeX* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://developer.nvidia.com/index>
- [15] EPIC GAMES. *Unreal Engine XR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/developing-for-xr-experiences-in-unreal-engine?application_version=5.4
- [16] VALVE CORPORATION. *OpenVR* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://github.com/ValveSoftware/openvr>
- [17] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR podpora* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/VRDevices-OpenVR.html>
- [18] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity XR interaction toolkit* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.3/manual/index.html>
- [19] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity VR dokumentace* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/VROverview.html>
- [20] UNITY TECHNOLOGIES. *Unity multiplatform* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://unity.com/solutions/multiplatform>
- [21] KITWARE. *ParaView scripting* [online]. 2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.paraview.org/scripting/>

Příloha A

Dokumentace k aplikaci