

**Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Kolaboratívne virtuálne prostredie
priestorov KPI
Collaborative virtual environment of DCI
Bakalárska práca**

2019

David Katreniak

**Technická univerzita v Košiciach
Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Kolaboratívne virtuálne prostredie
priestorov KPI
Collaborative virtual environment of DCI**

Bakalárska práca

Študijný program: Informatika
Študijný odbor: 9.2.1. Informatika
Školiace pracovisko: Katedra počítačov a informatiky (KPI)
Školiteľ: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.
Konzultant: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Košice 2019

David Katreniak

Názov práce: Kolaboratívne virtuálne prostredie priestorov KPI Collaborative virtual environment of DCI

Pracovisko: Katedra počítačov a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Autor: David Katreniak

Školiteľ: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Konzultant: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Dátum: 25. 10. 2019

Kľúčové slová: L^AT_EX, programovanie, sadzba textu

Abstrakt: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Thesis title: My thesis (the skeleton)

Department: Department of Computers and Informatics, Technical University of Košice

Author: David Katreniak

Supervisor: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Tutor: doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Date: 25. 10. 2019

Keywords: L^AT_EX, programming, typesetting

Abstract: Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

Tu vložte zadávací list pomocí příkazu
`\thesispec{cesta/k/suboru/so/zadavacim.listom}`
v preambule dokumentu.

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som záverečnú prácu vypracoval(a) samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice, 25.10.2019

.....

Vlastnoručný podpis

Podakovanie

Na tomto mieste by som rád poďakoval svojmu vedúcemu doc. Ing. Branislavovi Sobotovi, PhD. práce za jeho čas a odborné vedenie počas riešenia mojej záverečnej práce.

Rovnako by som sa rád poďakoval svojim rodičom a priateľom za ich podporu a povzbudzovanie počas celého môjho štúdia.

Obsah

Motivácia	1
Úvod	2
1 Formulácia úlohy	3
2 Virtuálna a zdieľaná realita	4
2.1 Virtuálna realita	4
2.2 Zdieľaná realita	5
2.3 Cieľ	5
3 A-Frame a jeho využitie	6
3.1 Čo je A-Frame	6
3.2 A-Frame a webové prehliadače	6
3.3 Podpora A-Frame	7
3.4 Vlastnosti A-Frame	7
3.5 Vytvorenie priestoru	7
3.6 Vytváranie objektov	8
3.7 Vizualizácia objektov v A-Frame	9
4 Mobilná verzia	10
4.1 Čo je Cordova ?	10
4.2 Čo je Glitch ?	10
4.3 Ovládanie	10
5 Vizuálny Inšpektor	12

6	Návrh riešenia	13
6.1	Príprava virtuálneho priestoru	13
6.2	Stavanie stien	13
6.3	Výroba 3D modelov	13
6.4	Fyzikálne zákony	14
7	Súvisiaca práca	16
7.1	Lorem ipsum	16
7.2	Aliquam eu malesuada urna	16
7.2.1	Donec vehicula consequat	17
7.2.2	Nullam in mauris consectetur	17
7.2.3	Vestibulum tristique elementum varius	19
7.3	Phasellus id pretium neque	19
8	Metodológia	22
9	Implementácia	23
10	Dosiahnuté výsledky	24
11	Interpretácia výsledkov	25
12	Ďalšia práca	26
13	Záver	27
	Literatúra	28
	Zoznam príloh	29
A	Karel Language Reference	30

Zoznam obrázkov

4.1	Pohyb [1]	11
5.1	Vizuálny Inšpektor	12
6.1	3D Monitor	13
7.1	L ^A T _E X Friendly Zone	18

Zoznam tabuliek

7.1 Country list	19
----------------------------	----

Motivácia

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Úvod

Fyzická návšteva vysokých škôl na Slovensku, môže byť pre niektorých budúcich študentov vzdialenosťou náročná.

Cieľom každej vysokej školy je čo najlepšie sa prezentovať, či už kvalitnými technológiami, upravenými priestormi alebo adekvátnymi prezentáciami. Keďže budúci uchádzači sú zvedaví ako to na konkrétnych vysokých školách vyzerá môžu sa prísť samozrejme pozrieť osobne.

Avšak, existujú informáčné technológie, ktoré umožňujú pomocou multimedialných údajov, napríklad ako sú fotografie, videá, zvuky a mnoho ďalších zobrazíť dané miesto aj bez toho, aby sa dotyčná osoba nachádzala fyzicky na konkrétnom mieste.

Je to možné vďaka systémom virtuálnej reality. Pred nedávnom, čo bolo naprogramované v systémoch virtuálnej reality, bolo potrebné v prípade obyčajných užívateľov zvyčajne sťahovať programy, aby mohli spustiť danú aplikáciu. Vďaka novému webovému rámcu (z angl. framework) A-Frame je možné vytvoriť projekt v akomkoľvek vývojovom prostredí dokonca aj v textovom editore. A-Frame vyžaduje podporu html, css a javascriptu a na daný program po jeho publikovaní nie je nutné nič sťahovať, rovno ho načíta na stránke a spustí sa program vo virtuálnej realite online.

Cieľom tejto práce bude vytvorenie prototypu prezentácie priestorov Katedry Počítačov a Informatiky Technickej Univerzity v Košiciach vo virtuálnej realite online. Dokonca aj pre používateľov Oculusu.

1 Formulácia úlohy

1. Cieľom tejto práce je naštudovať si problematiku virtuálnej a zdieľanej reality.
2. Analyzovať ďalšie použitia rámca Aframe a možnosti vytvorenia virtuálnej prezentácie priestorov KPI v tomto prostredí.
3. Implementovať navrhnutý systém, vrátane vytvorenia 3D modelu a dohodnutých dynamických častí KPI podľa pokynov vedúceho práce.
4. Experimentálne overiť navrhnuté riešenie.
5. Vypracovať dokumentáciu podľa pokynov vedúceho práce.

2 Virtuálna a zdieľaná realita

Ako prvé budeme potrebovať si naštudovať čo vlastne je virtuálna realita a zdieľaná realita, aby sme dokázali pochopiť ich problematiku.

Cieľom je vytvoriť prototyp priestorov Katedry Počítačov a Informatiky Technickej Univerzity v Košiciach vo virtuálnom priestore tak, aby sa ktokoľvek z budúcich študentov alebo aj širokej verejnosti mohol pripojiť na stránku projektu, kde sa im spustí program a môžu sa online prechadzať vo virtuálnej realite po priestoroch školy.

2.1 Virtuálna realita

Virtuálna realita zahŕňa širokú škálu problémov. Vymedzenie smeru v tomto multidisciplinárnom probléme nie je jednoduché. Generovanie virtuálneho sveta a jeho realistická vizualizácia v reálnom čase je pomerne mladá oblasť, pretože realistické vizualizačné systémy pracujúce v reálnom čase zaznamenali svoj rozmach až v poslednom desaťročí, čo súviselo najmä s ich finančne náročnou realizáciou a nedostatočnosťou ako hardvérovou tak softvérovou podporou. Virtuálna realita bola predstavovaná spočiatku ako tzv. totálna simulácia, kde sa vytvorila ilúzia fyzickej prítomnosti vo simulovanom (virtuálnom) prostredí generovanom v kontexte tesného spojenia človek-výpočtový systém.[3]

2.2 Zdieľaná realita

Rozšírená realita alebo zriedkavo obohatená realita (nesprávne augmentovaná realita, angl. augmented reality, skr. AR) je priamy alebo nepriamy pohľad na fyzicky skutočné prostredie, ktorého časti sú v digitálnej, väčšinou textovej alebo obrazovej forme obohatené o dodatočné informácie relevantné k objektu, na ktoré sa človek pozerá. Tieto informácie sú získavané z rôznych informačných zdrojov za použitia off-line alebo on-line aplikácií. Obohatenie reality sa obvykle deje v reálnom čase a v sémantickom kontexte s časťami prostredia, napríklad aktuálna akcia v reštaurácii, najbližší bankomat, najbližší užívateľ Twitteru a podobne.[2]

2.3 Cieľ

Aby sme mohli dosiahnuť daný cieľ budeme potrebovať hlavne:

- Naštudovať problematiku virtuálnej a zdieľanej reality
- Analyzovať možnosti použitia kolaboratívneho rámca Aframe a možnosti vytvorenia virtuálnej prezentácie priestorov KPI v tomto prostredí
- Implementovať navrhnutý systém, vrátane vytvorenia 3D modelu a dohodnutých dynamických častí KPI podľa pokynov vedúceho práce
- Experimentálne overiť navrhnuté riešenie

3 A-Frame a jeho využitie

Na túto prácu by sme len pred nedávnom potrebovali nejaký herný motor (z angl. game engine) aby sme dokázali daný zdrojový kód skompilovať aj s komponentmi. Avšak pred nedávnom vznikol rámec (z angl. framework) A-Frame, ktorý nepotrebuje žiadne kompilovanie zdrojového kódu. Stačí len aby sme mali vývojové prostredie ktoré podporuje jazyky HTML, CSS a Javascript a dokonca takým prostredím môže byť vklúde aj textový editor. Ja osobne na túto prácu použijem vývojové prostredie WebStorm od tvorcov JetBrains.

3.1 Čo je A-Frame

A-Frame je webový rámec pre budovanie skúseností s virtuálnou realitou (skratka virtuálna realita). A-Frame je založený na vrchole HTML, takže je ľahké začať. Ale A-Frame nie je len graf 3D alebo značkovací jazyk; jadro je výkonný entitno-komponentový rámec, ktorý poskytuje deklaratívnu, rozšíriteľnú a skladateľnú štruktúru pre three.js.[1]

3.2 A-Frame a webové prehliadače

Pôvodne koncipovaný v Mozille a teraz udržiavaný spolutvorcami A-Frame v rámci Supermedium, bol A-Frame vyvinutý ako jednoduchý, ale výkonný spôsob rozvoja obsahu virtuálnej reality. Ako nezávislý open source projekt sa A-Frame stal jednou z najväčších komunít virtuálnej reality.[1]

3.3 Podpora A-Frame

A-Frame podporuje väčšinu náhlavných súprav VR (skratka virtuálna realita), ako sú Vive, Rift, Windows Mixed Reality, Daydream, GearVR, Cardboard, Oculus Go, a možno ich dokonca použiť na vylepšenú realitu. Hoci A-Frame podporuje celé spektrum, cieľom A-Frame je definovať plne pohlcujúce interaktívne zážitky s VR (skratka virtuálna realita), ktoré idú nad rámec základného 360 ° obsahu, pričom plne využívajú polohové sledovanie a radiče.[1]

Vďaka tomuto rámcu je taktiež možné ho použiť napríklad aj pre smartfóny pri hybridných aplikáciach za pomoci napríklad platformi Cordova.

3.4 Vlastnosti A-Frame

- Inšpektorský nástroj na získanie iného pohľadu na scénu a zobrazenie vizuálneho efektu ladiacich entít. Analógový VR(skratka Virtuálna Realita) v prehliadači DOM inšpektor. Môže byť otvorený na ktorejkoľvek scéne A-Frame pomocou klávesov <ctrl> + <alt> + i.
- Klávesové skratky.
- Zachytenie pohybu(z angl. Motion Capture) - nástroj na nahrávanie a prehrávanie pozícií a udalostí náhlavnej súpravy a ovládača. Zachyťte záznam, pohybujte sa vo vnútri headsetu VR (skratka virtuálna realita), komunikujte s objektmi pomocou ovládača. Potom tento záznam prehrajte na ľubovoľnom počítači, aby ste sa mohli rýchlo vyvíjať a testovať. Znížte množstvo času prichádzajúceho a odchádzajúceho z headsetu.[1]
- A-Frame nám taktiež ponúka možnosť publikovania nášho projektu online na verejnej stránke nami vytvorenej na glitch.me, ale samozrejme náš projekt môže byť publikovaný aj na inej ľubovoľnej doméne ak máme ku nejakej prístup.

3.5 Vytvorenie priestoru

Ako prvé, budeme potrebovať si natiahnúť knižnicu A-Frame. Odkopírujeme daný skript zo stránky A-Frame do nášho vývojového prostredia vložением prí-

kazu `<script src="https://aframe.io/releases/0.9.2/aframe.min.js"></script>` [1]. Skript vkladáme výhradne do hlavičky daného html súboru a rovno ju aj stiahneme ak to naše vývojové prostredie požaduje.

Ďalej budeme potrebovať vytvorenie scény, ktorá nám pripraví virtuálny priestor a dokonca v dolnom pravom rohu bude obrázok v tvare okuliarov, ktorý slúži pre používateľov Oculusu pre lepšie prispôsobenie programu pre dané zariadenie. Keď máme vytvorenú scénu, bolo by vhodné vložiť plochu, po ktorej bude môcť naša postava kráčať. Dokážeme to doceliť príkazom `<a-plane position="0 0 -4"rotation=90 0 0"width="4"height="4"color="7BC8A4"></a-plane>`. [1] V danom príklade použitia príkazu `plane` si vieme nastaviť mnoho parametrov, napríklad v tomto prípade sú to: pozícia, rotácia, šírka, výška a farba danej plochy, ktorú sme vyrobili.

Taktiež, už keď máme vyrobenú plochu zišlo by sa nám aj vytvoriť oblohu nech náš program sa približuje bližšie ku realite. Príkazom `<a-sky color="ECECEC"></a-sky>` [1] spôsobíme to, že sa obloha v našom virtuálnom prostredí zafarbí na bielo. Zapisovanie farieb je možné dvoma spôsobmi. Buď zapíšeme danú farbu slovom napríklad `blue` hodnota by nám zafarbila oblohu na modro alebo môžeme danú hodnotu zapísať v hexadecimálnom kóde.

3.6 Vytváranie objektov

Objekty vkladáme výhradne do scény. Pri tvorbe objektov si musíme zvoliť o aký objekt pôjde. Môžeme vytvoriť napríklad kocku, guľu, kváder, ihlan, a mnoho ďalších objektov.

Skúsime si výrobu jednoduchkej kocky. do scény zapíšeme príkaz `<a-box position=1 0.5 -3"rotation="0 45 0"color="4CC3D9"></a-box>` [1]. Týmto príkazom vytvoríme modrú kocku na danej pozícii a s otočením o 45 stupňov po osi y.

Taktiež je možné aj vytvoriť fotku vo virtuálnej realite napríklad keď si dáku stiahneme alebo odfoťíme, je možné ju použiť vo virtuálnej realite napríklad na prezentáciu, ako to urobíme aj v našom prípade prezentovania KPI priestorov TUKE.

3.7 Vizualizácia objektov v A-Frame

Narozdiel od iných rámcov Javascriptu, špeciálnou vlastnosťou A-Frame je, že obsahuje aj vizuálneho inšpektora, vďaka ktorému je možné presúvať všetky nami vytvorené 3D aj 2D objekty a meniť aj ich atribúty bez nutnosti prepisovania zdrojového kódu v HTML súbore.

4 Mobilná verzia

Túto prácu môžeme taktiež aplikovať nie len na počítačovú verziu, ale taktiež aj na mobilnú verziu vďaka rámcu A-Frame. Taktiež môžeme zdrojový kód zverejniť buď na glitch.com kde bude verejne dostupný alebo môžeme spustiť zdrojový kód cez rámec Cordova do mobilu ako hybridnú respektíve webovú aplikáciu.

4.1 Čo je Cordova ?

Cordova je rámec, ktorý umožňuje webovú stránku nahradiť ako webovú aplikáciu na ktorékoľvek zariadenie či už ide o Android alebo Ios.

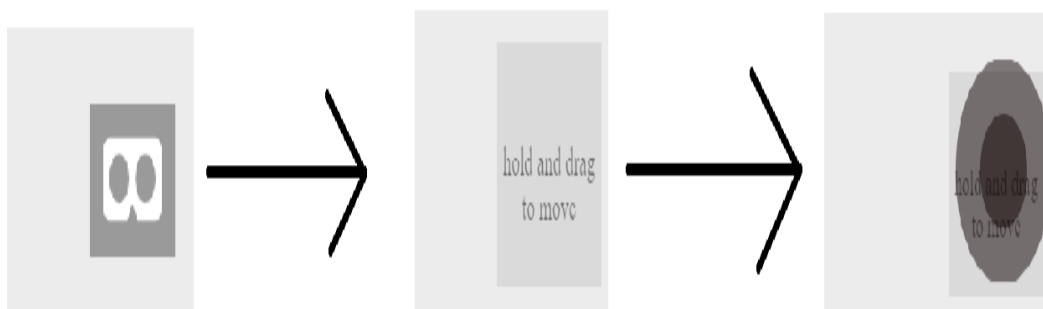
4.2 Čo je Glitch ?

Glitch je doména kde môžeme uložiť projekt z rámca A-Frame na globálne úložisko ktoré bude dostupné verejnosti.[1]

4.3 Ovládanie

A-Frame nám poskytuje vytvorenie virtuálneho priestoru v ktorom sa môžeme pohybovať a otáčať sa. Na počítači sa dokážeme napríklad aj pohybovať pomocou klávesnice a otáčať pomocou myšky alebo touchpadu. A-Frame nám poskytuje 6D priestor a virtuálne okuliare dokážu podporovať 6D priestor ale súčasné mobilné zariadenia podporujú len 3D priestor. Mobilné zariadenia dokážu poskytnúť len otáčanie sa vo virtuálnom priestore ale nedokáže sa používateľ pohybovať po virtuálnom priestore. Avšak existuje riešenie, vďaka ktorému bude možné sa pohybovať vo virtuálnom priestore na mobilných zariadeniach. V našom prípade si

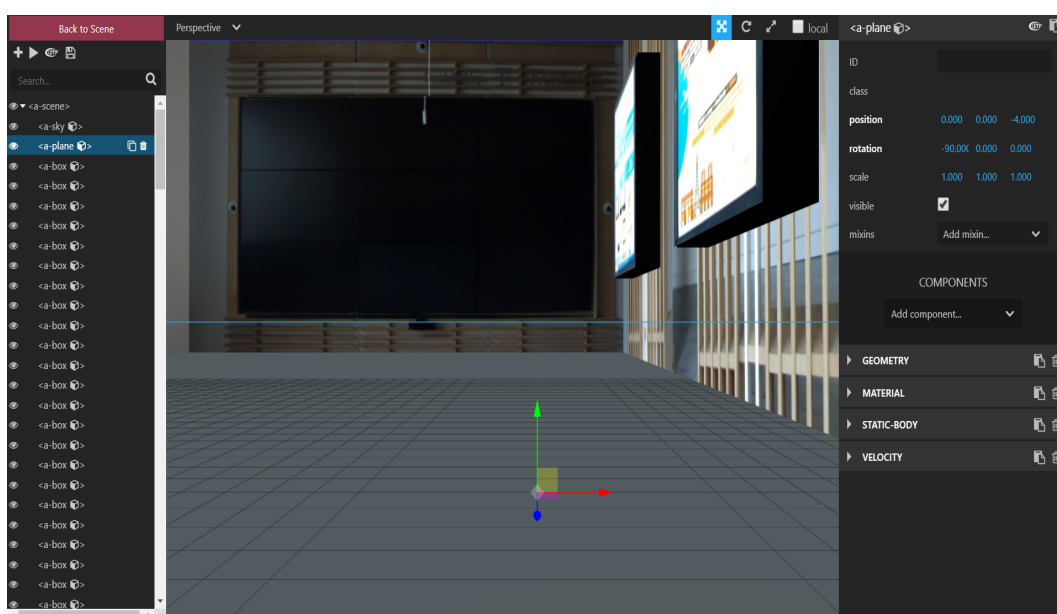
môžeme vložiť do našej práce virtuálny joystick zo stránky <https://github.com/mrturck/aframe-joystick> ktorý nahradí virtuálne okuliare.[1]



Obr. 4.1: Pohyb [1]

Na obrázku č.3.1 môžeme jasne vidieť ako je ikona virtuálnych okuliarov v dolnom pravom rohu nahradená virtuálnym joystickom, ktorý nám umožní pohyb vo virtuálnom priestore.

5 Vizualný Inšpektor



Obr. 5.1: Vizualný Inšpektor

Inšpektor A-Frame je vizuálnym nástrojom na kontrolu a ladenie scén. S inšpektorom môžeme:

- Presúvať, otáčať a upravovať mierky pomocou úchytiiek a pomocníkov.
- Vylepšovať komponenty a ich vlastnosti pomocou widgetov. Okamžite uvidíte výsledky zo zmien hodnôt bez toho, aby sme museli prechádzať tam a späť medzi kódom a prehliadačom.
- Inšpektor je podobný inšpektorovi DOM v prehliadači, ale je prispôbený pre 3D a A-Frame rámec. [1]

6 Návrh riešenia

V tejto časti sa budeme zaoberať samotným riešením tejto práce výrobou samotného 3D modelu, ktorý bude pozostávať aj zo statických ale aj dynamických objektov.

6.1 Príprava virtuálneho priestoru

Ako prvé si budeme musieť vytvoriť základné virtuálne prostredie ktoré bude pozostávať z plochy, po ktorej budeme kráčať a nejakého pekného pozadia. Ďalej budeme potrebovať aj nejaké objekty aby náš virtuálny priestor bol aj zaujímavý. Napríklad vložením kociek, ktoré môžeme rozšíriť na kvádre a spraviť z nich steny.

6.2 Stavanie stien

Vytvoríme si kocku a pomeníme jej atribúty. Napríklad zmeníme jej výšku, šírku, hĺbkú, rotácie a farbu podľa toho, ako potrebujeme mať nastavenú stenu.[1]

6.3 Výroba 3D modelov



Obr. 6.1: 3D Monitor

Na výrobu jednoduchého modelu napríklad výrobu monitoru nám bude stačiť vložiť kváder do steny a keď tak máme, tak položíme na kváder fotku, ktorá môže byť odfotená napríklad fotoaparátom alebo mobilom alebo aj hocijakou inou technológiou ktorá podporuje fotenie.

Ako môžeme vidieť na obrázku č.6.1, vytvorili sme čierny kváder do steny a nalepili na neho 2D odfotenuú fotku monitora. Čierny kváder tomu dodal efekt aby sa monitor podobal reálnemu monitoru.

Na výrobu komplexnejších modelov môžeme použiť napríklad technológiu SketchUp aby sme mohli vyrobiť komplexnejšie modely.

6.4 Fyzikálne zákony

<https://www.overleaf.com/project/5db0bbefa34e660001515eac> Je pekné vyrábanie 3D priestoru napríklad stien, ale rámec A-Frame nepozná fyzikálne zákony a to znamená že budeme môcť prechádzať cez steny, čo by veľmi nemalo byť možné ak sa chceme priblížiť čo najviac ku reálnemu svetu. Aby sme mohli aplikovať fyzikálne zákony do virtuálneho priestoru, budeme potrebovať stiahnuť A-Frame-Physics-System z webovej stránky ktorú môžeme nájsť v dokumentácii ku rámcu A-Frame [HTTPS://GITHUB.COM/DONMCCURDY/AFRAME-PHYSICS-SYSTEM](https://GITHUB.COM/DONMCCURDY/AFRAME-PHYSICS-SYSTEM). [1]

Po stiahnutí a správnom nakonfigurovaní fyzického systému podľa manuálu budeme potrebovať odlišiť nasledovné veci:

- Kinematické telo
- Statické telo
- Dynamické telo

Kinematické telo je zvyčajne vnímané ako pohybujúci sa objekt prípadne subjekt. Mali by sme kinematické telo nastaviť buď ako entitu alebo na našu kameru. Virtuálny priestor po aplikovaní bude vnímať tieto zmeny a ďalej by sme mali určiť statické a dynamické telá.

Statické telo je také telo ktoré sa nebude pohybovať. Keď nejakému objektu nastavíme statické telo a aj nejaký rádius respektíve rozsah telesa, tak sa cez daný objekt nebude môcť prejsť kinematické telo respektíve naša kamera a teleso ostane nepozmenené pri interakciách.

Dynamické telo je také telo ktoré sa bude môcť pohybovať vzhľadom na interakcie z fyzického systému sa bude správať ako skutočný fyzický objekt a vzhľadom na kinematické telo. Podľa zmeny atribútov dynamického telesa sa tak bude správať virtuálny svet na teleso to znamená, že napríklad keď narazíme do malej guľe, tak sa guľa odkotúľa omnoho ďalej než väčšia guľa.

Pokiaľ objektu nenastavíme ani kinematické telo, ani statické telo dokonca ani dynamické telo, tak nebude reagovať vôbec na fyzický svet.

7 Súvisiaca práca

7.1 Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

- First itemtext
- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext

7.2 Aliquam eu malesuada urna

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel,

semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

- v knihe [2] autor prezentuje naozaj odvážne myšlienky
- nemenej zaujímavé výsledky publikuje ďalší autor v článku [3]
- v konferenčnom príspevku [1] sú uvedené tiež zauímavé veci
- \LaTeX ¹ je typografický jazyk

Given a set of numbers, there are elementary methods to compute its Greatest Common Divisor, which is abbreviated GCD. This process is similar to that used for the Least Common Multiple (LCM).

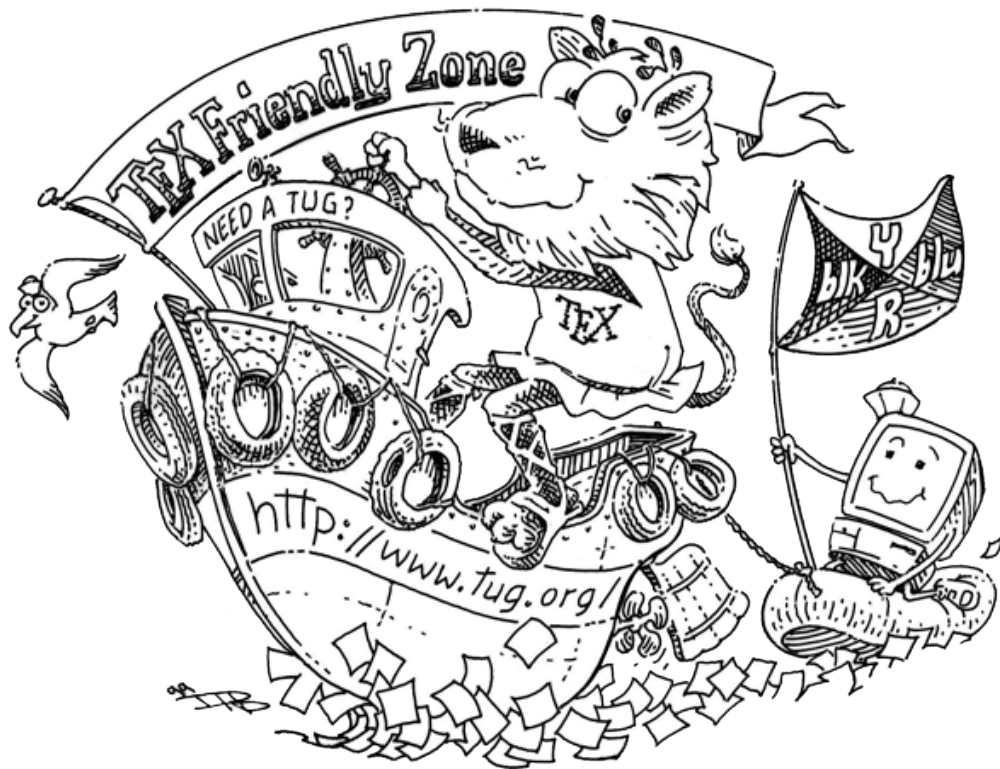
7.2.1 Donec vehicula consequat

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

7.2.2 Nullam in mauris consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante.

¹<https://www.latex-project.org/>

Obr. 7.1: L^AT_EX Friendly Zone

Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

1. First itemtext
2. Second itemtext
3. Last itemtext
4. First itemtext
5. Second itemtext

7.2.3 Vestibulum tristique elementum varius

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Tabuľka 7.1: Country list

Country List			
Country Name or Area Name	ISO ALPHA 2 Code	ISO ALPHA 3 Code	ISO numeric Code
Afghanistan	AF	AFG	004
Aland Islands	AX	ALA	248
Albania	AL	ALB	008
Algeria	DZ	DZA	012
American Samoa	AS	ASM	016
Andorra	AD	AND	020
Angola	AO	AGO	024

7.3 Phasellus id pretium neque

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero

ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

8 Metodológia

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

9 Implementácia

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

10 Dosiahnuté výsledky

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

11 Interpretácia výsledkov

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

12 Ďalšia práca

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

13 Záver

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Literatúra

1. A-FRAME. <https://aframe.io/docs/0.9.0/introduction/>. In: 2019.
2. VIRTUÁLNA REALITA. <https://virtualnarealita.eu/vseobecne-virtualna-realita/rozdiel-virtualna-realita-a-rozsirena-realita/>. 2019.
3. PHD., Doc. Ing. Branislav Sobota. Systémy Virtuálnej Reality. *vydanie prvé*. 2015, roč. 1, s. 11.

Zoznam príloh

Príloha A Karel Language Reference

Príloha B CD médium – záverečná práca v elektronickej podobe,

Príloha C Používateľská príručka

Príloha D Systémová príručka

A Karel Language Reference

Karel's Primitives

- - Moves *Karel* one intersection forward.
- - Pivots *Karel* 90 degrees left.
- - Takes a beeper from the current intersection and puts it in the beeper bag.
- - Takes a beeper from the beeper bag and puts it at the current intersection.
- - Turns *Karel* on.
- - Turns *Karel* off.

Karel's Sensors

- - Returns 1 if there is no wall directly in front of *Karel*. 0 if there is.
- - Returns 1 if there is no wall immediately to *Karel's* right. 0 if there is.
- - Returns 1 if *Karel* is standing at an intersection that has a beeper. 0 otherwise.
- - Returns 1 if *Karel* is facing north. 0 otherwise.
- - Returns 1 if there is at least one beeper in *Karel's* beeper bag. 0 if the beeper bag is empty.

Misc Functions

- - Sets delay of one *Karel's* step in milliseconds.
- - Repeats *Karel's* instruction in a loop.