

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-5382-97025

**ZÍSKAVANIE A SPRACOVANIE DÁT Z
MOTION-CAPTURE OBLEKU
BAKALÁRSKA PRÁCA**

2023

Ema Richnáková

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5382-97025

ZÍSKAVANIE A SPRACOVANIE DÁT Z
MOTION-CAPTURE OBLEKU
BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika
Názov študijného odboru: Informatika
Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky
Vedúci záverečnej práce: doc. Ing. Erik Kučera, PhD.
Konzultant: ?

Bratislava 2023

Ema Richnáková

SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Autor:	Ema Richnáková
Bakalárska práca:	Získavanie a spracovanie dát z motion-capture obleku
Vedúci záverečnej práce:	doc. Ing. Erik Kučera, PhD.
Konzultant:	?
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2023

Cieľom tejto práce je navrhnúť a implementovať program na získavanie a spracovanie dát z motion-capture obleku. Taktiež si zadefinujeme abecedu pohybov a zo získaných dát bude program rozoznávať gestá.

Kľúčové slová: snímanie pohybu, motion-capture oblek, animácia, spracovanie dát, vzdialené ovládanie

ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Study Programme:	Applied Informatics
Author:	Ema Richnáková
Bachelor's thesis:	Data acquisition and processing from the motion-capture suit
Supervisor:	doc. Ing. Erik Kučera, PhD.
Consultant:	?
Place and year of submission:	Bratislava 2023

The goal of this work is to design and implement a software for acquiring and processing data from a motion-capture suit. We will also define an alphabet of movements and the software will recognize gestures from obtained data.

Keywords: motion capture, motion-capture suit, animations, data processing, remote control

Vyhlásenie autora

Podpísaný(á) Ema Richnáková čestne vyhlasujem, že som bakalársku prácu Získavanie a spracovanie dát z motion-capture obleku vypracoval(a) na základe poznatkov získaných počas štúdia a informácií z dostupnej literatúry uvedenej v práci.

Vedúcim mojej bakalárskej práce bol doc. Ing. Erik Kučera, PhD.

Bratislava, dňa 18.1.2023

.....
podpis autora

Podakovanie

Vyjadrujem vrelé podakovanie môjmu vedúcemu práce doc. Ing. Erikovi Kučerovi, PhD. za skvelý prístup, odborné vedenie a cenné rady, ktoré mi poskytol pri písaní tejto práce.

Obsah

Úvod	1
1 Motion capture	2
1.1 Definícia	2
1.2 História	2
1.3 Typy motion-capture systémov	6
1.3.1 Akustické motion-capture systémy	6
1.3.2 Magnetické motion-capture systémy	6
1.3.3 Mechanické motion-capture systémy	6
1.3.4 Optické motion-capture systémy	6
1.4 Využitie motion-capture systémov	6
1.4.1 Zábavný priemysel	6
1.4.2 Zdravotníctvo	6
1.4.3 Šport	6
1.4.4 Armáda	6
1.4.5 Inžinierstvo	6
1.4.6 Iné	6
1.4.7 Budúce využitie	6
2 Softvérové a hardvérové prostriedky	7
2.1 Softvér	7
2.1.1 Axis Studio	7
2.1.2 API	7
2.2 Hardvér	7
2.2.1 Perception Neuron 3	7
3 Súčasný stav problematiky	8
3.1 Riešenie problematiky	8
4 Ciele práce	9
5 Implementácia	10
Záver	11
Zoznam použitej literatúry	12

Prílohy	I
A Štruktúra elektronického nosiča	II
B Algoritmus	III
C Výpis sublime	IV

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1	Rotoskopia od Maxa Fleischera. (Fleischer)	3
Obrázok 2	Prvý mechanický motion-capture oblek vyvinutý na SFU	4

Zoznam skratiek

API	Application Programming Interface (slovensky „rozhranie pre programovanie aplikácií”)
LED	Light Emitting Diod (slovensky „ <i>elektroluminescečná dióda</i> ”)
mocap	Motion capture
PN3	Perception Neuron 3

Zoznam algoritmov

B.1	Vypočítaj $y = x^n$	III
-----	---------------------	-----

Zoznam výpisov

C.1 Ukážka sublime-project	IV
--------------------------------------	----

Úvod

Tu bude krásny úvod s diakritikou atď.

A možno aj viac riadkový úvod.

1 Motion capture

1.1 Definícia

Motion capture (mocap) je technológia, ktorá zaznamenáva pohyby objektov, zvierat alebo ľudí v reálnom svete a prenáša tieto dáta do virtuálneho prostredia pre okamžitú alebo oneskorenú analýzu alebo prehrávanie. Táto technológia sa zrodila pri inovácii spôsobu animovania seriálov a filmov, kedy sa do tohoto procesu začali komponovať aj počítače.

1.2 História

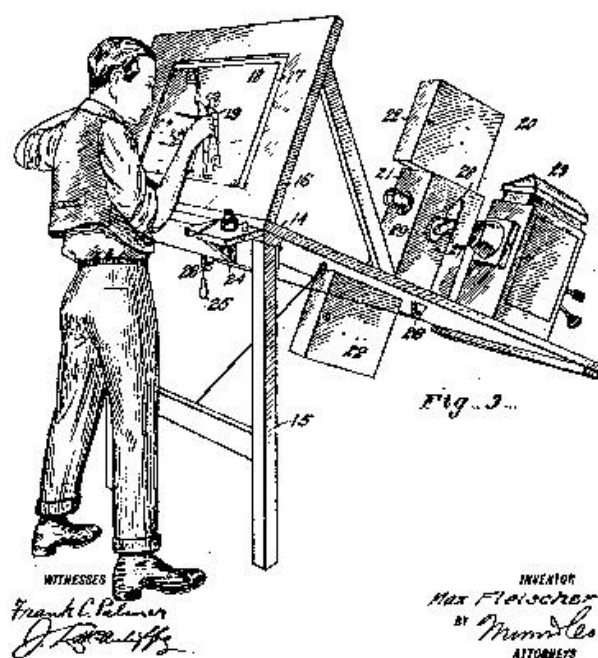
Prvý pohyb charakteru v podobe animácie nám priniesol v roku 1911 karikaturista Zenas Winsor McCay. Pomocou viacerých kusov papiera, na ktorých boli zakreslené len jemné zmeny tej istej postavy, pri konštatnej rýchlosti prekladania týchto papierov vytváral ilúziu pohybu. Ale vytvoriť takúto animáciu bolo veľmi časovo náročné pre animátora, keďže každá snímka musela byť odznova individuálne nakreslená [1].

V roku 1913 prišiel karikaturista a animátor Winsor McCay s novým princípom animovania nazývaným kľúčové snímky (anglicky „*keyframes*”), ktorý využil pri animovaní krátkeho nemého filmu *Gertie the Dinosaur* [2]. Tento princíp je postavený na tom, že výtvarník si najprv nakreslí kľúčové pozície postavy v animovanom pohybe a neskôr pridáva prechodné snímky medzi pôvodné kľúčové snímky, ktoré dotvárajú celkovú plynulosť pohybu a pridávajú detaily danej animácii. Tento postup síce mierne uľahčil animátorom kvalitatívnu prácu na ich dielach, no kvantitatívne to bola práca stále náročná. Myšlienka sa zachovala dodnes a stále sa využíva, no animátor prechodné snímky už nemusí ručne dokreslovať, ale generuje to zaň počítač.

Napriek týmto technikám niektoré komplexné pohyby si pri animácii nezachovali svoju prirodzenosť. Príkladom takého pohybu je ľudská chôdza. Človek pri jednom kroku rozpohybuje veľa častí svojho tela a dynamika týchto častí vytvára komplexnú štruktúru celého pohybu kroku. Tieto kroky musia na seba aj prirodzene nadväzovať, aby tvorili pohyb chôdze, ktorá sa následne ešte aj komplikuje faktom, že sa nedeje na dokonalej rovine, ale v rôznorodom teréne, ktorému sa telo človeka pri chôdzi musí prispôbovať.

Tento problém čiastočne vyriešil ďalší revolučný pokrok v animácii, ktorý prinieslo štúdio Disney s animovaným filmom *Snehulienka a sedem trpaslíkov*, ktorý mal premiéru v roku 1973. Použitím nových alebo nepopulárnych technológií v tej dobe spravili veľký krok vo svete animácií. Štúdio vytvorilo viacrovňovú kameru (anglicky „*multiplane camera*”), ktorá sníma 7 vrstiev umeleckých diel, ktoré sa prelínajú s rôznymi rýchlosťami a v rôznych vzdialenostiach od seba. To vytvára pocit hĺbky a paralaxy (zdanlivé posunutie objektu

vzhľadom na pozadie pri zmene miesta pozorovateľa) [3]. Taktiež štúdio Disney značne zakomponovalo pri produkcii vyššie spomínaného animovaného filmu koncept motion capture, kedy pre animované charaktery ručne prekreslovali z premietaného filmu na papier siluety ľudského pohybu. Referenčný film obsahoval nahrávky pohybov, póz a tanečných výkonov tanečníkov alebo hercov. Tento spôsob animácie sa nazýva rotoskopia.

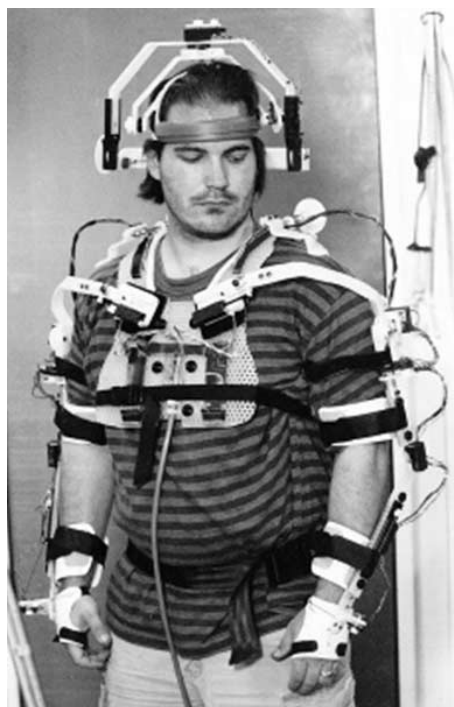


Obr. 1: Rotoskopia od Maxa Fleischera. (Fleischer)

Táto technika kopírovania pohybu však už bola vynájdená skôr animátorom Maxom Fleischerom v roku 1915 a bola použitá v jeho animovanom seriály Out of the Inkwell. Podľa neho sa aj v ranných štádiach táto technika volala ako „Fleischerov proces” a bola pre jeho tvorbu typická. No po vypršaní Fleischerovho patentu v roku 1934 mohli iní producenti a štúdiá voľne využívať spomenutú technológiu.

Štúdio Disney sa teda chopilo príležitosti a táto metóda animovania dobre skombinovaná s inými metódami ho priviedla k jeho sláve [4].

V rokoch 1980 až 1983 na Simon Fraser Univerzity (SFU) v biomechanických laboratóriách sa začali používať počítače na analýzu ľudského pohybu. Technika a zariadenia využívané v ich štúdiách si našli uplatnenie aj v odvetví počítačovej grafiky. Profesor kineziológie a počítačových vied na SFU Tom Calvert využitím potenciometrov (t.j. premenný rezistor, ktorého odpor sa dá lineárnym pohybom alebo otočením meniť), ktoré pripojil k telu človeka, zaznamenával tak pohyb človeka a tým ovládal počítačom animovanú postavu pre choreografické a klinické výskumné účely, ako napríklad skúmanie



Obr. 2: Prvý mechanický motion-capture oblek vyvinutý na SFU

pohybových abnormalít. Pre príklad na skúmanie ohybu kolena pripútali na každú nohu exoskeleton s potenciometrom, ktorý bol umiestnený pozdĺž každého kolena, tak aby sa ohýbal v súlade s kolenom. Takto bol vyvinutý prvý mechanický motion-capture oblek na snímanie pohybov, kedy zobrali analógový výstup pohybu a previedli ho do digitálnych dát, ktoré boli spracované ich animačným systémom v počítači. No toto riešenie bolo mierne nepohodlné v rozmedzí dynamickejších pohybov.

Medzitým na Massachusetts Institute of Technology (MIT) a New York Institute of Technology (NYIT) experimentovali s technológiou zachytávania pohybu ľudského tela s využitím optického zaznamenávacieho systému. Motion capture oblek je vybavený malými značkami, ktoré sú pripevnené k telu. Tieto značky predstavujú buď blikajúce LED svetlá alebo malé reflexné body. Takto skonštruovaný oblek zachytáva séria dvoch alebo viacerých kamier. Kombináciou špeciálneho hardvéru a softvéru sa z kamerového záznamu vyberajú vyššie spomínané značky z vizuálneho poľa každej kamery a porovnávaním týchto snímok sa kalkuluje pozícia každej značky v trojrozmernom priestore za prejdenný čas záznamu. No táto technológia je obmedzená rýchlosťou pohybu značiek (koľko pozícií značiek vie kamera zachytiť za sekundu). Toto obmedzenie má za následok rozlíšenie kamier, hlavne ich schopnosť rozoznať značky, ktoré sú blízko seba. Prvotné systémy vedeli zaznamenávať len zopár značiek naraz. Moderné systémy zvládnu spracovávať niekoľko

desiatok značiek naraz. Tento problém sa vie redukovať nasadením viac sledovacích kamier, ale aj pri takomto riešení aj v moderných systémoch je potrebný manuálny post-processing záznamov, aby sa poupravili alebo obnovili trajektórie značiek, ktoré sa stratili z výhľadu kamery. Čiže pri tomto type technológie treba nájsť rovnováhu, lebo dá sa vyhnúť manuálnemu post-processingu, keď sa zainvestuje do viacero kamier alebo do kamery s kvalitnejším záznamom (vyšším rozlíšením). To nám taktiež vie zvýšiť aj zorné pole záznamu a teda aj rozsah pohybov, ktoré je možné natočiť. Aj s jednou kamerou pri dostatočnom priblížení vieme odstrániť problém stratených značiek, ale to nám obmedzuje rozsah pohybov, lebo zmenšíme zorné pole kamery. A kvôli všetkým týmto problematickým riešeniam optimalizácie procesovania záznamu aj v dnešnej dobe sa pri optickom type motion-capture oblekov spoliehajú na post-procesing postupy, kvôli analýze, spracovaniu a doladovaniu dát predtým ako sa aplikujú na animovanú postavu. Tento typ motion-capture systémov sa aj skomercializoval v odvetví počítačovej grafiky (napr. systémy Op-Eye alebo SelSpot).

V nasledujúcich rokoch prichádzali rôzne experimenty v oblasti motion-capture systémov.

Napríklad prvé animovanie tváre ešte aj v reálnom čase bolo poňaté ako bábkoherecťvo, kedy na ovládanie významných častí tváre, ktoré v určitých pozíciách predstavujú ľudské výrazy, používali špeciálne upravený ovládač, ktorý ovládal bábkoherec. On mal pod kontrolou pohyby úst, očí, výrazov a polohu hlavy. Tento systém bol vyvinutý firmou deGraf/Wahrman. Bol zostrojený digitálnym animátorom Michaelom Wahrmanom a bývalým riaditeľom digitálnej produkcie Bradom deGrafom v roku 1987. V roku 1988 stvorili „Mike the Talking Head” (slovensky „Rozprávajúca hlava Mike”) pre firmu Silicon Graphics, ktorý bol predstavený na živom vystúpení pre filmový a video festival SIGGRAPH.

Tento systém sa za pomoci firmy Pacific Data Images ešte vylepšil a vznikol Waldo C. Graphic. Toho používali ako digitálne renderovanú bábkku v reálnej bábkohre, ktorá bola vysielaná v televízií. Taktiež rovnaká firma postupne vyvinula pomerne ľahký exoskeleton na záznam pohybov pre hornú časť tela a vedeli v reálnom čase zaznamenávať do ich predstavenia aj iné charaktery ako bábkky. Využívali v tomto prípade potenciometre, ale toto riešenie nebolo ideálne kvôli hluku, ktorý vydávala použitá elektronika a taktiež exoskeleton bol stále mierna záťaž na herca pri dlhšom používaní.

V roku 1992 firma SimGraphics predstavila zaznamenávací systém, tzv. „face waldo”. Používala už menšie mechanické senzory pripevnené k brade, perám, lícam a obočiu a elektro-magnetické senzory na podpornej helme. Tento systém už taktiež vedel zaznamenávať a digitalizovať pohyby v reálnom čase [5].

Neskôr sa rôzne typy týchto systémov spájali a značne urýchlili proces animovania alebo vedeli animovať väčšie časti charakterov v lepšom rozlíšení alebo viac charakterov naraz. Taktiež zredukovali počet aktérov potrebných pri animovaní jedného charakteru.

1.3 Typy motion-capture systémov

Rôzne prístupy pri historickom vývoji motion-capture systémov nám ich rozdelilo na rôzne typy ako sú akustické, magnetické, mechanické alebo optické. Jednotlivé typy si rozvedieme v nadchádzajúcich podsekciiach.

1.3.1 Akustické motion-capture systémy

1.3.2 Magnetické motion-capture systémy

1.3.3 Mechanické motion-capture systémy

1.3.4 Optické motion-capture systémy

[1]

1.4 Využitie motion-capture systémov

Keďže tieto systémy vedia ponúknuť veľmi rýchle, efektívne a finančne prijateľné spracovanie gest a pohybov tela a/alebo tváre, tak dnes majú veľmi široké využitie v rôznych odvetviach ako je zábavný priemysel (filmy, seriály, animácie a grafika, počítačové hry), ale aj v zdravotníctve, športe alebo armáde.

1.4.1 Zábavný priemysel

1.4.2 Zdravotníctvo

1.4.3 Šport

1.4.4 Armáda

1.4.5 Inžinierstvo

1.4.6 Iné

1.4.7 Budúce využitie

2 Softvérové a hardvérové prostriedky

2.1 Softvér

2.1.1 Axis Studio

2.1.2 API

2.2 Hardvér

2.2.1 Perception Neuron 3

3 Súčasný stav problematiky

3.1 Riešenie problematiky

4 Ciele práce

5 Implementácia

Záver

Conclusion is going to be where?

Here.

Zoznam použitej literatúry

1. NOGUEIRA, Pedro (zost.). *Motion Capture Fundamentals: A Critical and Comparative Analysis on Real-World Applications*. Porto, 2022-11-18. Dostupné tiež z: https://paginas.fe.up.pt/~prodei/dsiei12/papers/paper_7.pdf.
2. WIKIPEDIA (zost.). *Gertie the Dinosaur*. 2023-01-12. Dostupné tiež z: https://en.wikipedia.org/wiki/Gertie_the_Dinosaur#Production.
3. WIKIPEDIA (zost.). *Multiplane camera*. 2022-12-20. Dostupné tiež z: https://en.wikipedia.org/wiki/Multiplane_camera.
4. SKRBA, Ljiljana, REVERET, Lionel, HÉTROUY-WHEELER, Franck, CANI, Marie-Paule a O'SULLIVAN, Carol. *Quadruped Animation*. 2008.
5. STURMAN, David J. (zost.). *A Brief History of Motion Capture for Computer Character Animation*. 104, av. du Président Kennedy, 75016 Paris France, 1999-03-13. Dostupné tiež z: https://education.siggraph.org/static/HyperGraph/animation/character_animation/motion_capture/history1.htm.

Prílohy

A	Štruktúra elektronického nosiča	II
B	Algoritmus	III
C	Výpis sublime	IV

A Štruktúra elektronického nosiča

/CHANGELOG.md

- file describing changes made to FEIstyle

/example.tex

- main example *.tex* file for diploma thesis

/example_paper.tex

- example *.tex* file for seminar paper

/Makefile

- simply Makefile – build system

/fei.sublime-project

- is project file with build in Build System for Sublime Text 3

/img

- folder with images

/includes

- files with content

/bibliography.bib

- bibliography file

/attachmentA.tex

- this very file

B Algoritmus

Algorithm B.1 Vypočítaj $y = x^n$

Require: $n \geq 0 \vee x \neq 0$

Ensure: $y = x^n$

$y \leftarrow 1$

if $n < 0$ **then**

$X \leftarrow 1/x$

$N \leftarrow -n$

else

$X \leftarrow x$

$N \leftarrow n$

end if

while $N \neq 0$ **do**

if N is even **then**

$X \leftarrow X \times X$

$N \leftarrow N/2$

else $\{N \text{ is odd}\}$

$y \leftarrow y \times X$

$N \leftarrow N - 1$

end if

end while

C Výpis sublime

```
../.. / fei .sublime-project
```

Listing C.1: Ukážka sublime-project