



Interaktivni sistemi kot orodje za trening športnega plezanja

Pregled področja in oblikovanje novih vadbenih pristopov

Študentka: Lina Mešič

Mentor: Dr. Matjaž Kljun

Motivacija in problem



Olimpijske igre 2020

- Plezanje postane globalni tekmovalni šport

Trener

- Učinkovito vodi le 2 - 3 plezalce hkrati

Začetniki

- Strah pred padcem, težave z vizualizacijo

Rekreativci

- Pomanjkanje povratnih informacij, potreba po strukturiranem treningu

Cilj interaktivnih sistemov v plezanju:

Kako s tehnologijo
lahko dopolnimo
plezalni trening?

Metodologija



9 izbranih del s področja HCI v športnem plezanju (2014 - 2025)



Vizualna augmentacija in
interaktivne igre

3 študije



Virtualna resničnost in
mentalna priprava

2 študiji



Sledenje gibanja in video
vizualizacija

2 študiji



Senzorika, zvok in nosljive
naprave

2 študiji

Vizualna augmentacija in interaktivne igre

Augmented Climbing

Tehnologija

- Projektor + MS Kinect v2

Vzorec

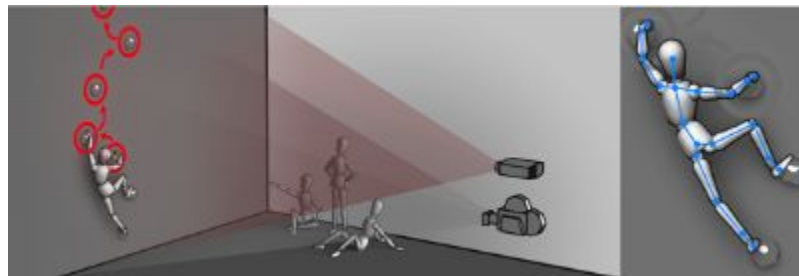
- 8 izkušenih plezalcev, 6 interakcijskih prototipov

Eksperiment

- Osnovna izvedljivost interakcije na steni
- Nadzorovano okolje
- Trajanje testne seje je 60 min

Ugotovitve

- Visoko ocenjen samodejni generator smeri in zakasnen video odziv
- Za rekreativce in začetnike



Vizualna augmentacija in interaktivne igre

Augmented Climbing Wall

Tehnologija

- MS Kinect V2 globinski senzor, projektor in tablica

Vzorec

- 70 udeležencev, 4 mesece

Eksperiment

- Prosto igranje iger na steni
- 3 aplikacije (Spark game, Route creation in Whack-a-bat game)

Ugotovitve

- Igrifikacija → hitrejša odločanja
- Plezalci pozabijo na strah pred višino



Vizualna augmentacija in interaktivne igre

Shadowlings for ValoClimb

Tehnologija

- Projektor, Unity okolje, Kinect v2, zvočni sistem

Vzorec

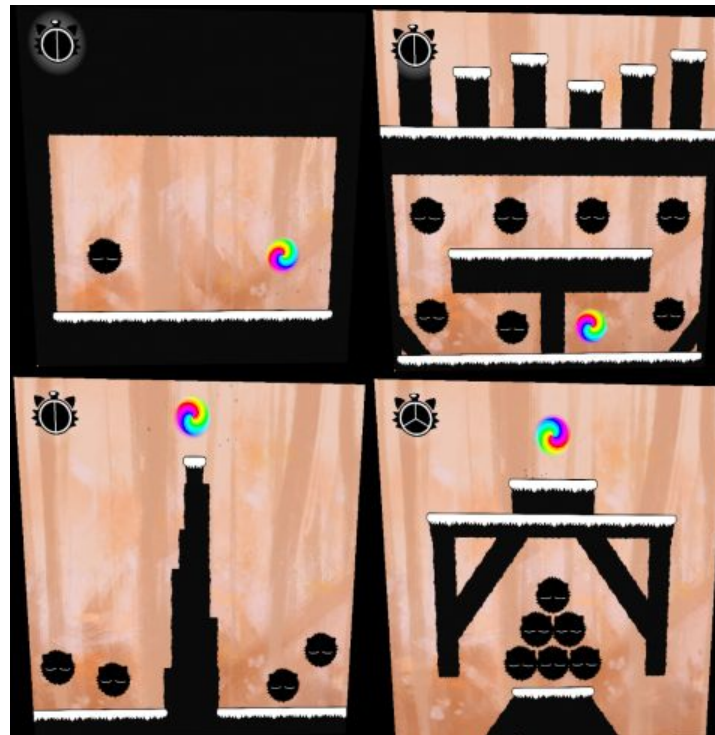
- 1 teden, 187 lokacij, 436 ur igranja

Eksperiment

- 2D silhueta -> premikanje sence
- seje omejena na 2 do 4 minute
- Analiza posnetih sej (višina, trajanje, uspešnost)

Ugotovitve

- 2. najbolj priljubljena aplikacija
- učinkovito spodbuja plezanje



Virtualna resničnost in mentalna priprava

Falling into Fears

Tehnologija

- Meta Quest 3 HMD, Unity, dinamično skaliranje padca

Vzorec

- 20 rekreativnih plezalcev

Eksperiment

- pečina, 12m nad virtualnimi tlemi
- 3–5 nadzorovanih padcev s 5 m
- Intervjuji pred/med/po

Ugotovitve

- Strah najmočnejši v fazi pričakovanja
- Z vsako ponovitvijo se zmanjšuje
- Skaliranje 1:1 do 1:5 ni bilo učinkovito (padci prekratki)



Virtualna resničnost in mentalna priprava

Computer-Aided Imagery

Tehnologija

- Fotogrametrija (Autodesk ReCap 360), Open Dynamic Engine, Kinect v2 senzor

Vzorec

- 20 udeležencev (srednje izkušeni),

Eksperiment

- Vsak preplezal 8 smeri: 4 po pripravi s CAI, 4 po tradicionalni mentalni vizualizaciji (5 min priprave)

Ugotovitve

- CAI → bolj sistematično načrtovanje
- Višji občutek kompetentnosti po plezanju
- Boljše zavedanje položaja nog na steni
- Brez statistične razlike v fizični uspešnosti



Sledenje gibanja in video vizualizacija

betaCube

Tehnologija

- Mobilna kocka: projektor (6000 lm) + Kinect v2 + MS RoomAlive Toolkit + PC

Vzorec

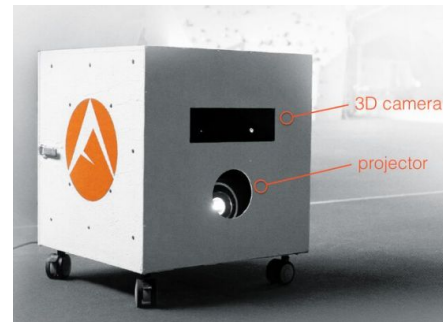
- Potrditev izvedljivosti v realnem okolju

Eksperiment

- Plezalci so preplezali smeri, si ogledali video ponovitve v naravni velikosti na steni in posnemali gibe projiciranega plezalca - Shadow Climbing
- Spremlja težišče telesa plezalca za beleženje vzponov

Ugotovitve

- Potencial tudi za tekmovalce



Sledenje gibanja in video vizualizacija

ClimbVis

Tehnologija

- Kinect v2 + projektor + Google Glass (250 ms zakasnitev)

Vzorec

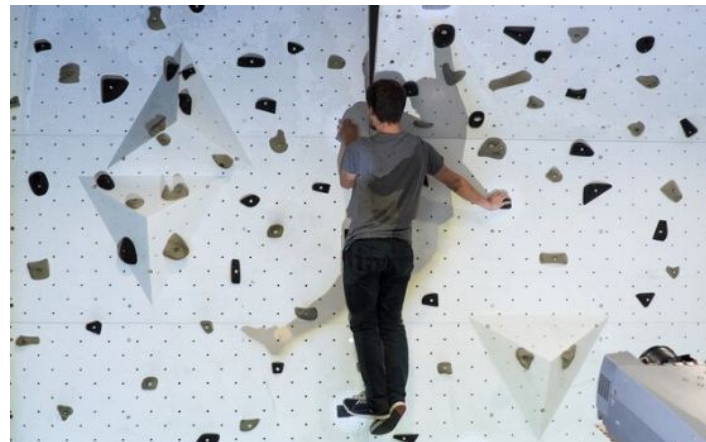
- 12 začetnikov, 4 tehnike plezanja, ~45 min/udeleženec

Eksperiment

- 3 metode vizualizacije
- 4 plezalne tehnike

Ugotovitve

- Zaslon ob strani + inštruktor = največji napredek
- Projekcija v naravni velikosti – najlažja za sledenje
- Google Glass najmanj primeren, preklapljanje fokusa



Senzorika, zvok in nosljive naprave

Sound-Assisted Climbing

Tehnologija

- Kinect + LiDAR (iPhone) + brezžične slušalke, stereo zvok

Vzorec

- 12 plezalcev s predhodnimi izkušnjami

Eksperiment

- 2 metodi: vodenje po glasnosti in po tempu
- Vsak prepleza 2 smeri
- čas plezanja, uporabnost, preference

Ugotovitve

- Vodenje na podlagi tempa -> krajši čas plezanja
- Glasnost manj intuitivna od tempa



Senzorika, zvok in nosljive naprave

Co-Designing Wearables

Tehnologija

- 8 haptičnih naprav, 4 vibracijski motorji, Arduino + Bluetooth

Vzorec

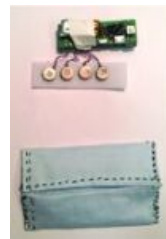
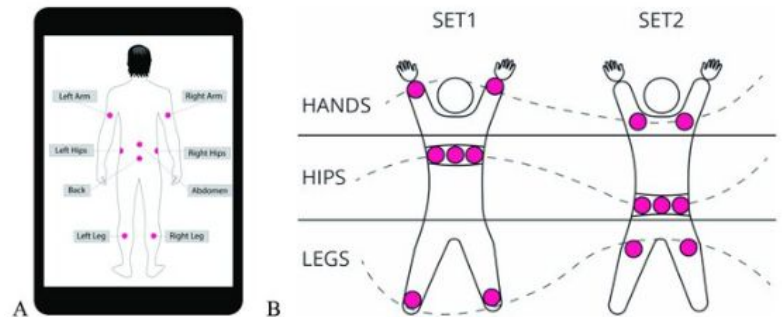
- 10 začetnikov + gorski vodnik

Eksperiment

- Udeleženec je plezal z napravami na telesu
- Inštruktor je prek tablice sprožil vibracije
- Preizkušeni dve namestitvi (SET1, SET2)

Ugotovitve

- Zapestja, gležnji, trebuh – optimalne lokacije
- Psihološka podpora: občutek, da te inštruktor opazuje



Diskusija in raziskovalna vprašanja



RV1: Časovna usklajenost povratnih informacij?

Idealen signal ko je se plezalec izgubi ali "zatakne".

Prezgodaj = moti, prepozno = zmeda.

Grafika ne premika prehitro.

Zakasnitve, premalo raziskana omejitev

RV2: Vpliv na različne skupine?

Začetniki/Rekreativci: vizualna augmentacija in igrifikacija.

Tekmovalci: Sledenje gibanja za analizo tehnike.

Raziskave samo na umetnih stenah.

Diskusija in raziskovalna vprašanja



RV3: “Virtualni trener” pripomoček ali grožnja?

Asistent, ne nadomestek.

Sistemi ne zmorejo razumevanja napake in verbalnih popravkov ali predlogov.

RV4: Kako olajšati delo trenerja?

Vmesniki zasnovani tako, da ne motijo njihovega primarnega fokusa.

Tehnologija prevzame repetitivne in administrativne naloge.

Odločitve o vsebini treninga ostanejo pri trenerju.

Omejitve in smernice



Omejitve

- Mali vzorci ($n < 20$ v večini študij)
- Ni kontrolnih skupin
- Pomanjkanje longitudinalnih študij
- Osredotočenost na umetne stene

Priporočila in smernice

- Robustnejši senzorji
- Multimodalni sistemi
- Razvoj vmesnikov skupaj s trenerji
- Longitudinalne študije
- Vključiti skalno plezanje

Zaključek



- Sistemi vizualne augmentacije so najprimernejši za motivacijo rekreativcev in začetnikov.
- Sledenje gibanja omogoča analizo tehnike za tekmovalce, VR pomaga pri premagovanju strahu.
- Zvočno vodenje in haptika izboljšujeta propriocepcijo.
- Interaktivni sistemi ne morejo nadomestiti trenerja, so pa koristen pripomoček za repetitivne naloge.
- Prihodnje raziskave: multimodalni sistemi, longitudinalne študije, skalno plezanje.

Viri in literatura



- Kajastila, Raine & Hämäläinen, Perttu. (2014). Augmented climbing: Interacting with projected graphics on a climbing wall. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings. 10.1145/2559206.2581139.
- Sun, Liyuan & Zheng, Yue & Jiang, Qinchuan & Shi, Xiangyu & Romero, Mario & Guarese, Renan. (2025). Sound-Assisted Climbing: Exploring bouldering performance through auditory guidance. 10.1145/3749385.3749402.
- Remy Rey, Florian Müller, Francesco Chiossi, and Andrii Matviienko. 2025. Falling into Fears: Exploring Virtual Reality as a Fear-Reduction Training Tool for Climbers. In Proceedings of the First Annual Conference on Human-Computer Interaction and Sports (SportsHCI '25). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 24, 1-7.
<https://doi.org/10.1145/3749385.3749405>
- Wiehr, Frederik & Kosmalla, Felix & Daiber, Florian & Krüger, Antonio. (2016). betaCube: Enhancing Training for Climbing by a Self-Calibrating Camera-Projection Unit. 1998-2004. 10.1145/2851581.2892393.
- Kosmalla, Felix & Daiber, Florian & Wiehr, Frederik & Krüger, Antonio. (2017). ClimbVis: Investigating In-situ Visualizations for Understanding Climbing Movements by Demonstration. 270-279. 10.1145/3132272.3134119.

Viri in literatura



- Mencarini, Eleonora & Leonardi, Chiara & Cappelletti, Alessandro & Giovanelli, Davide & De Angeli, Antonella & Zancanaro, Massimo. (2018). Co-Designing Wearable Devices for Sports: The Case Study of Sport Climbing. *International Journal of Human-Computer Studies*. 124. 10.1016/j.ijhcs.2018.10.005.
- Vapaakallio, Lassi. (2020). Designing Climbing Games: Creating Shadowlings for ValoClimb. School of Arts, Design and Architecture | Master's thesis.
- Kajastila, Raine & Holsti, Leo & Hämäläinen, Perttu. (2016). The Augmented Climbing Wall: High-Exertion Proximity Interaction on a Wall-Sized Interactive Surface. 758-769. 10.1145/2858036.2858450.
- Computer-Aided Imagery (CAI) in Sport: A Case Study of Indoor Wall Climbing (2018) Kourosh Naderi, Jari Takatalo, Jari Lipsanen, and Perttu Hämäläinen. 2018. Computer-Aided Imagery in Sport and Exercise: A Case Study of Indoor Wall Climbing. In *Proceedings of the 44th Graphics Interface Conference (GI '18)*. Canadian Human-Computer Communications Society, Waterloo, CAN, 93-99. <https://doi.org/10.20380/GI2018.13>