

Vrednotenje uporabniške izkušnje in slabosti različnih modalnosti interakcij v okolju navidezne resničnosti

Rok Marko Šter, Jože Guna

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: rs7839@student.uni-lj.si

User experience and VR sickness evaluation of different interaction modalities in a virtual reality environment

This paper deals with the user experience and VR sickness of different interaction modalities in Virtual Reality. One of our research objectives was to assess the impact on user experience and simulator sickness when adding virtual trackers to an HMD which only tracks itself and its controllers. Throughout the paper, we detail the effect of adding additional virtual trackers using an external sensor. To start things off, we introduce the questionnaires used to evaluate simulator sickness and user experience. Second, we present the results of the experiment concluded in the scope of the author's diploma thesis, where 6 participants were interviewed after the use of 3 different modalities in a dynamic VR environment.

1 Uvod

Ob hitrem tehnološkem napredku v zadnjih desetletjih se področje navidezne resničnosti (angl. Virtual reality) vedno bolj pogosto uporablja v najrazličnejših industrijah. Trg za mešano in obogateno resničnost se je iz leta 2020 na leto 2021 povečal za 92,1 % [1], kar prikazuje splošno napredovanje tehnologije in večanje števila možnosti njene uporabe. Ob uporabi vsake tehnologije je načeloma dobra praksa ustreznost njene uporabe preveriti na večjem številu uporabnikov, ki so del ciljne skupine. Ustreznost uporabe tehnologije ali neke aplikacije lahko ocenimo in kvantiziramo na različne načine, nekatera izmed njih sta uporaba vprašalnikov in različnih senzorjev.

Večina cenovno dostopnih naglavnih prikazovalnikov je omejena z zmogljivostjo sledenja gibanja uporabnika, saj sta razvoj in implementacija celotelesnega sledenja velik dodaten strošek, ki se pozna v končni ceni produkta kot kar dvakrat (ali večkrat) višja cena, zato proizvajalci in uporabniki vedno znova iščejo načine, kako bi lahko implementirali celotelesno sledenje gibanja za nižjo ceno in izboljšali interakcijo ter s tem uporabniško izkušnjo. Cenovno ugodni naglavni prikazovalniki večinoma omogočajo šest dimenzij svobode sledenja naglavnega prikazovalnika ter krmilnikov, dražji naglavni prikazovalniki pa omogočajo sledenje celotnega telesa v prostoru s pomočjo zunanjih baznih postaj s senzorji.

Ker želimo zmanjšati uporabnikovo nelagodje in hkrati povečati njegovo zabavo, je bila želja ugotoviti, kako in koliko vpliva dodano število sledilnih točk na uporabnikovo nelagodje in na njegovo izkušnjo. Hkrati je bilo v diplomski nalogi tudi obravnavano, ali uporabniku bolj ustreza rotacija glave in celotnega telesa ali le uporaba krmilne ročice namesto rotacije glave.

V našem primeru smo vrednotenje izvedli z uporabo naglavnega prikazovalnika Oculus Rift S, kateremu smo dodali navidezne sledilnike nog s programskim orodjem Driver4VR. Za sledenje nog smo uporabili zunanji senzor Microsoft Kinect for Xbox One.

2 Metode

2.1 Postopek vrednotenja

Vrednotenje uporabniške izkušnje se praviloma opravlja na čim večji populaciji, zaradi časovne stiske pa je pri našem vrednotenju sodelovalo šest udeležencev.

Uporabniki so bili postavljeni v okolje aplikacije "Blade and Sorcery" obenem pa so jim bila postavljena navodila o interakciji v okolju v treh različnih časovno ločenih scenarijih. Pred prvim scenarijem so jim bili podani napotki, naj se v navideznem okolju premaknejo do treh vnaprej določenih različnih točk. Po opravljenem začetnem cilju jim je bilo danih pet minut, da se privadijo na krmilnike ter izberejo svoje orožje za izpolnjevanje podane naloge – premagovanja sovražnikov in preživetje v celotnem času vrednotenja, medtem ko jih bodo nasprotniki v igri skušali ubiti. V vsak scenarij smo uporabnika postavili za časovno dolžino petnajst minut, nato pa smo mu dodelili premor in izpolnjevanje vprašalnikov. V vsaki interakciji z uporabnikom smo bili pozorni, da smo uporabniku razložili vse na miren in prijazen način, saj smo želeli izvedeti uporabnikovo dejansko počutje. Med uporabnikovo interakcijo v okolju smo reagirali le na uporabnikove komentarje, ki so namigovali na njegovo slabost, večinoma smo vprašali le, ali uporabnik meni, ali je sposoben vrednotenje nadaljevati, ali želi prenehati. Tako uporabniku ne damo napačnega vtisa, da se ocenjujejo njegove sposobnosti, saj je namen vrednotenja v splošnem le oceniti način interakcije, ki je odvisen od opreme in njene vnaprej določene uporabe.

Od šestih uporabnikov je eden izmed njih zaradi visoke stopnje slabosti želel, da je njegov čas vrednotenja skrajšan v prvem scenariju, zato smo mu skrajšali tudi

vse druge scenarije, saj je pomembno, da so vsi scenariji enako dolgi. Če bi bili scenariji različnih časovnih dolžin, bi lahko prišlo do drugačnega spreminjanja stopnje VR slabosti in drugačne uporabniške izkušnje, kot sicer ob enakih časovnih dolžinah vrednotenja. Po vsakem scenariju je uporabnik prislužil petnajstminutni odmor, v začetku katerega je izpolnil vprašalnike FMS, VRSQ in UEQ-S. Vsi uporabljeni vprašalniki so opisani v nadaljevanju.

Vrstni red scenarijev je bil za vsakega uporabnika izbran naključno s pomočjo metode Latin Squares [2], saj tako uravnotežimo učinek prenosa, to je prilagajanje uporabnika na tehnologijo in okolje. V tem poskusu imamo tri različne scenarije, zato smo vsakemu dodelili svojo črko (A, B, C) in jih premešali tako, da se nobena kombinacija ni ponovila.

- Scenarij A uporabnika omejuje na uporabo krmilne ročice za premikanje smeri pogleda v igri. Interakcija temelji na zamahu rok, v katerih uporabnik drži krmilnike za vihtenje orožij. Za držanje orožij v igri mora na krmilniku držati gumb s sredincem. Uporabnike smo prosili, naj za orientacijo po prostoru ne uporabljajo rotacije svojega telesa, prosili smo jih, da njihovo resnično telo vedno gleda v isto smer.
- Scenarij B uporabnika omejuje na uporabo krmilne ročice in vrtenja v resničnem življenju za nadziranje pogleda v igri. Za vihtenje orožij interakcija temelji na zamahu rok, v katerih uporabnik drži krmilnike. Za držanje orožij v igri mora na krmilniku držati gumb s sredincem.
- Scenarij C uporabnika omejuje na uporabo krmilne ročice in vrtenja v resničnem življenju za nadziranje pogleda v igri, za sledenje nog pa uporabljamo Driver4VR v izvedbi s Kinect. Za vihtenje orožij interakcija temelji na že opisanem načinu iz scenarija B. Uporaba Driver4VR in Kinect uporabniku dovoljuje tudi uporaba nog za brce, zato smo uporabnika pred scenarijem C obvestili o dodatni uporabi nog in ga spodbujali k le tej.

2.2 Uporabljeni vprašalniki

Za vrednotenje uporabniške izkušnje smo uporabili pet vprašalnikov, začetni in končni sta lastna, ostali trije pa so standardizirani vprašalniki.

2.2.1 Začetni vprašalnik

V začetnem vprašalniku smo udeležence vprašali o spolu, starosti, izkušnjah z videoigami, izkušnjah z navidezno resničnostjo, samooceni vida oziroma zadnji informaciji iz okulističnega pregleda in njihovih izkušnjah z adrenalinskimi športi. Vsi udeleženci so bili študentje stari med enaindvajset in dvaindvajset let, ki smo jih pred vrednotenjem že poznali osebno.

2.2.2 FMS

FMS je kratek vprašalnik, v katerem izvajalec prosi udeleženca, če mu lahko s številko na skali od 0

(popolnoma v redu) do 20 (občutek, da bo ravnokar bruhal) opiše, kako slabo se počuti v nekem določenem trenutku [3]. V primerjavi s študijo Stoffregen, Fugloire, Yoshida, Flanagan, and Merhi (2008) [4], kjer so udeležence spraševali le vprašanja, ki ponujajo odgovora "da" in "ne", nam FMS omogoča subjektivno kvantizacijo udeleženčeve slabosti, kar raziskavam doda določeno preciznost. Na ta način je možna zaznava zelo majhnih sprememb uporabnikovega občutja, česar vprašalniki z "da" in "ne" odgovori ne omogočajo, zaradi visokega števila stopenj pa je možna zaznava nizkih sprememb počutja udeleženca.

2.2.3 VRSQ

VR slabost je stranski produkt uporabe simulatorjev, kot so simulatorji vožnje, letenja in uporabe navidezne resničnosti, mešane resničnosti ter obogatene resničnosti. Najbolj uveljavljen vprašalnik za evalvacijo VR slabosti je SSQ (angl. Simulator Sickness Questionnaire).

Za uporabo evalvacije VR slabosti v navidezni resničnosti smo v našem primeru uporabili prilagojeno verzijo SSQ – VRSQ. Na podlagi preizkusa identitetne matrike Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) in preizkusa identitetne matrike Bartlett so s korelacijsko matriko ugotovili, da podatki kategorije slabost (angl. nausea) niso primerni za ocenjevanje VR slabosti v navidezni resničnosti, zato so to kategorijo v vprašalniku VRSQ odstranili. Posledično je namesto 16 opisljivih simptomov v VRSQ 9 opisljivih simptomov [5].

2.2.4 UEQ-S

Uporabili smo kratko verzijo vprašalnika UEQ, ki se imenuje UEQ-S. UEQ je vprašalnik, ki je bil uveden za kvantizacijo uporabniške izkušnje. Ker je ta subjektivna, je uporaba vprašalnikov za ta namen potrebna na visoki skupini uporabnikov oziroma na podobnih uporabnikih. Za natančnejšo analizo in primerjavo rezultatov med različnimi raziskavami, je v UEQ uvedena numerična skala od -3 do 3, kjer -3 pomeni najbolj negativno izkušnjo, 3 pa najbolj pozitivno. Število 0 predstavlja nevtralno izkušnjo uporabnika. Za razliko od UEQ z UEQ-S ni mogoče slediti vsem šestim kategorijam vprašanj, ki jih vpeljuje UEQ, zato UEQ-S vpeljuje dve psevdo-kategoriji, imenovani pragmatična kakovost in hedonska kakovost [6]. Pragmatična kakovost je opravilno naravnana skala, hedonska kakovost pa se sklicuje na kakovosti, ki niso odvisne od opravljanja naloge.

2.2.5 Končni vprašalnik

S končnim vprašalnikom smo želeli izvedeti preference uporabnikov brez uporabe standardiziranih vprašalnikov. Ob tem smo želeli dobiti neposredno povratno informacijo o scenarijih, v katere smo postavili udeležence. Vprašani so bili o:

- njihovem preferenčnem načinu interakcije
- pogrešanju sledenja nog v scenarijih, ki niso omogočali sledenja nog

- pripravljenosti dodatnega nakupa programskega orodja in Kinect v primeru, da si že lastijo naglavni prikazovalnik, ki ne omogoča sledenja nog
- mnenju interakcije brez uporabe krmilnikov

3 Rezultati

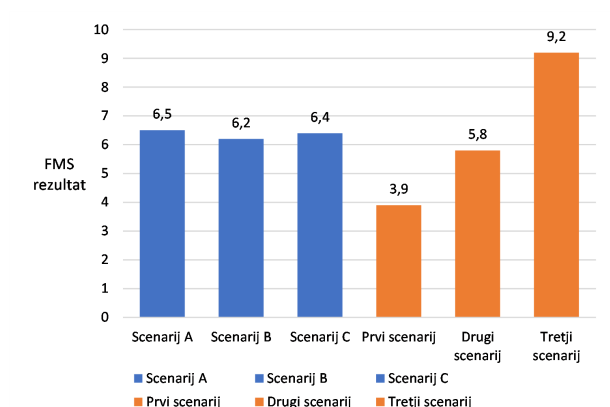
3.1 Demografija - začetni vprašalnik

Tabela 1: Odgovori začetnega vprašalnika.

Št. udeleženca	Spol	Starost	videoigre (ure/teden)	VR izkušnje	Slab vid	Adrenalinski športi
1	M	22	4	1	DA	NE
2	M	21	4	2-3	NE	DA
3	Ž	21	10	2-3	DA	NE
4	M	21	0	2-3	DA	NE
5	M	21	4	2-3	NE	DA
6	M	21	4	2-3	DA	NE

Ker so udeleženci večinoma študentje fakultete za elektrotehniko, je zastopanost obeh spolov reprezentativna demografski sliki študijskega programa elektrotehnike na univerzitetni smeri. Prav tako je povprečna starost udeležencev $\bar{x} = 21,17$, mediana pa je $x \approx 21$, saj smo z izbiro udeležencev želeli čim manjši standardni odklon, ta je v tem primeru enak $\sigma_x = 0,41$. Povprečno število ur igranja videoiger udeležencev je $t = 4,33hr$, standardni odklon pa je $\sigma_t = 3,20hr$. Vsi udeleženci so z navidezno resničnostjo dokaj neizkušeni, poizkusili so jo le med enkrat in trikrat, kar prikazuje število preteklih VR izkušenj v tabeli 1. Za nobenega udeleženca ta raziskava ni bila prvo srečanje z navidezno resničnostjo, zato so vsi udeleženci imeli nekoliko predznanje o navidezni resničnosti in predstavo o poteku interakcije.

3.2 Rezultati FMS



Slika 1: Povprečje rezultatov glede na scenarij in povprečje rezultatov razvrščenih po vrstnem redu scenarija vsakega udeleženca.

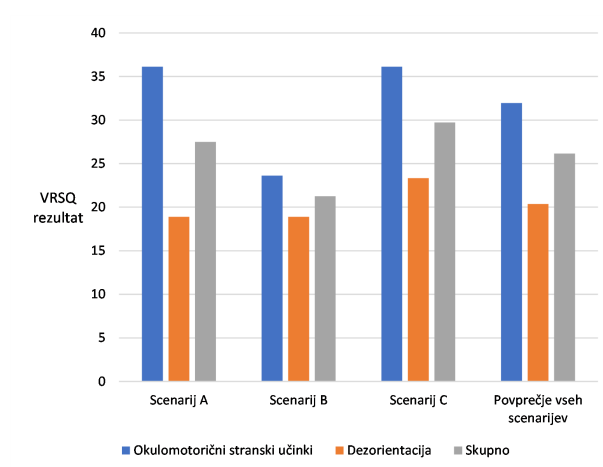
Izmed treh različnih scenarijev A, B, C je bilo njihovo zaporedje za vsakega udeleženca drugačno. Za prvega udeleženca je bil vrstni red scenarijev "ABC", za drugega "BCA" itd. Na ta način lahko povemo, da je za udeleženca 1 prvi scenarij A, za udeleženca 2 je prvi

scenarij B... Tip scenarijev in sosledje scenarijev je na grafu ločeno z barvo. Prvi trije stolpci na slikah 1 in 3 predstavljajo tip scenarija, druga trojica stolpcev pa predstavlja sosledje scenarijev, ki je za vsakega udeleženca drugačno.

Glede na povprečne vrednosti vsakega scenarija lahko opazimo, da so spremembe FMS rezultatov za vsak scenarij v povprečju tako majhne, da scenarijev ob tako majhni testni populaciji ne moremo primerno primerjati.

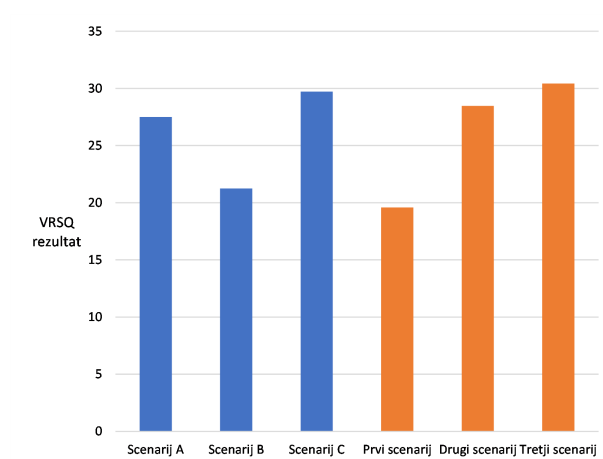
Če razvrstimo rezultate FMS vprašalnika po sosledju scenarijev za vse uporabnike, pa lahko opazimo, da je v povprečju v vsakem naslednjem scenariju beležena višja stopnja slabosti.

3.3 VRSQ rezultati



Slika 2: Povprečje rezultatov VRSQ glede na scenarij.

Na sliki 2 lahko opazimo, da imata scenarij A in scenarij C višji rezultat slabosti VRSQ, kot pa scenarij B.



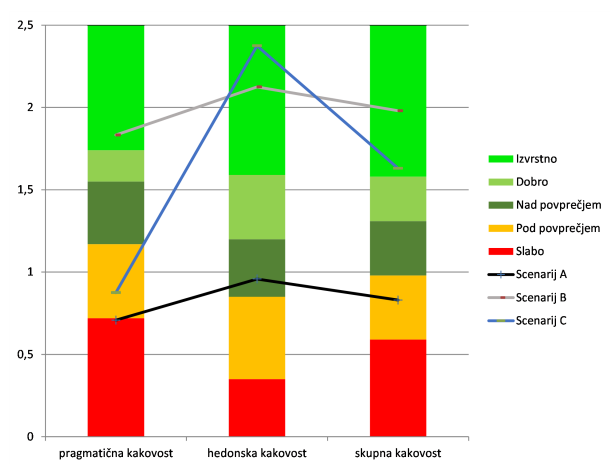
Slika 3: Primerjava skupnih rezultatov VRSQ glede na scenarij in glede na zaporedje scenarijev.

Opazimo lahko, da se tudi v primeru uporabe vprašalnika VRSQ skupni rezultat slabosti povečuje iz

scenarija v scenarij po njihovem vrstnem redu. Omembe vredno je tudi dejstvo, da so udeleženci beležili najvišjo stopnjo slabosti po scenariju C, najnižjo pa so beležili po scenariju B.

3.4 UEQ-S rezultati

Rezultati so bili izračunani s pomočjo orodja Excel, v katerem je bila s strani ustvarjalcev vprašalnika UEQ-S podana predloga za izračun in interpretacijo odgovorov vprašalnika UEQ-S.



Slika 4: Primerjava povprečja hedonske, pragmatične in skupne kakovosti vseh scenarijev.

Rezultati UEQ-S vprašalnika niso presenetljivi. Interakcija s krmilnimi ročicami na krmilnikih je bila uporabnikom najmanj uporabna (pragmatična kakovost) in najbolj dolgačasna (hedonska kakovost). Presenetljivo ni tudi dejstvo, da je uporabnikom bila bolj zanimiva interakcija z dodanim sledenjem nog (hedonska kakovost scenarija C je višja od scenarija B), zanimivo pa je dejstvo, da so uporabniki lažje upravljali aplikacijo z interakcijo, ki ni dodala navideznih sledilnikov nog. Razlog za to je najverjetneje slabo sledenje le teh. Razlika v pragmatični kakovosti scenarija A in scenarija C je minimalna.

3.5 Rezultati končnega vprašalnika

Tabela 2: Odgovori končnega vprašalnika.

št. udeleženca	Najljubši scenarij	Najmanj ljub scenarij	Interakcija brez krmilnikov	Pogrešanje sledenja nog	Pripravljenost dokupa opreme
1	C	A	NE	NE	DA
2	C	A	DA	DA	DA
3	C	A	NE	DA	DA
4	C	A	NE	DA	DA
5	C	A	DA	NE	NE
6	C	A	DA	DA	DA

V tabeli 2 so prikazani rezultati končnega vprašalnika, ki vsebuje najljubši scenarij udeležencev, njihov najmanj ljub scenarij, njihovo mnenje o interakciji

brez krmilnikov, informacijo, če so v scenarijih brez sledenja nog le to pogrešali in informacijo o pripravljenosti dokupa programskega orodja Driver4VR in rabljenega senzorja Kinect ob primerni ceni.

4 Sklep

Iz končnega vprašalnika, ki je to udeležence vprašal direktno, je bilo razvidno, da so prav vsi udeleženci najraje imeli interakcijo s celotelesnim sledenjem s pomočjo Kinect. Rezultat nas ne preseneča, saj ljudje že večinoma poskušajo približati igre in aplikacije na čim višjo stopnjo prisotnosti in živčnosti, dodajanje točk sledenja pravega telesa pa omogoča prav to. Vprašalnik UEQ-S to le delno potrjuje. Iz razlike vrednosti hedonskih kakovosti UEQ-S, ki prikazuje razburljivost storitve uporabniku, lahko sklepamo, da so se uporabniki le nekoliko bolj zabavali kot pri interakciji z nižjo stopnjo slabosti. Do kontrasta pa pride ob rezultatu pragmatične kakovosti vprašalnika UEQ-S, ki sporoča, da so se uporabniki veliko lažje znašli v okolju brez uporabe navideznih sledilnikov nog. Razlog za to, je najverjetneje slaba kalibracija in omejitve sledenja s senzorjem Kinect in uporabljenim programskim orodjem Driver4VR.

Udeleženci so čutili manjšo stopnjo slabosti pri scenariju brez dodatnega sledenja nog, kot pri scenariju s sledenjem nog. Kljub večji slabosti so uporabniki raje imeli način interakcije s celotelesnim sledenjem. Pomembno je omeniti, da je na slabost udeležencev v naši raziskavi bolj vplivalo kako so si scenariji sledili, kot pa scenariji sami, saj so udeleženci v vsakem naslednjem scenariju označili višje stopnje slabosti kot v prejšnjem - dlje je bil udeleženec izpostavljen VR okolju, večjo slabost smo zabeležili.

Literatura

- [1] "AR/VR Headset Shipments Grew Dramatically in 2021, Thanks Largely to Meta's Strong Quest 2 Volumes, with Growth Forecast to Continue, According to IDC."
- [2] "Latin Squares - Williams Design."
- [3] B. Keshavarz in H. Hecht, "Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness," *Human factors*, vol. 53, str. 415–26, avg. 2011.
- [4] T. A. Stoffregen, E. Faugloire, K. Yoshida, M. B. Flanagan in O. Merhi, "Motion sickness and postural sway in console video games," *Human Factors*, vol. 50, no. 2, str. 322–331, 2008. Place: US Publisher: Human Factors & Ergonomics Society.
- [5] H. K. Kim, J. Park, Y. Choi in M. Choe, "Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment," *Applied Ergonomics*, vol. 69, str. 66–73, maj 2018.
- [6] D. M. Schrepp, "User Experience Questionnaire Handbook," str. 15.