

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Opinnäytetyön valmistumisvuosi 2020

Juho Kivistö

TEHOKKAIMMAN TUTORIAALIN MÄÄRITTELEMISEN VR-OHJAIMELLE

– Kolmen variaation vertailu asiantuntijoilla

Juho Kivistö

TEHOKKAIMMAN TUTORIAALIN MÄÄRITTELEMINEN VR-OHJAIMELLE

- Kolmen variaation vertailu asiantuntijoilla

Virtuaalitodellisuuden (VR) suosion kasvaessa muiden kuin peliyhteisöjen keskuudessa, syntyy tarve opettaa työntekijöitä virtuaaliympäristössä. Mikä taas vaatii opettamaan VR-silmikkojen käyttöä. Ongelmana käyttäjillä on oppia käyttämään VR-ohjaimia virtuaalitodellisuudessa liikkumiseen, mikä johtaa koulutuksen laskevaan tehokkuuteen.

Opinnäytetyössä tutkittiin virtuaalitodellisuussovellusten tutoriaaleja vertailemalla kolmea erilaista tutoriaali variaatiota. Tutoriaalien tarkastelupisteeksi otettiin virtuaalitodellisuudessa liikkumiseen käytetty teleporttausmekaniikka. Työn tutoriaalien testauksissa käytettiin Turku Game Lab -pelilaboratorion kehittämää Crumbling Factory -virtuaalitodellisuuspeliprojektia, jonka kehitystyöhön kirjoittaja oli myös osallistunut.

Crumbling Factorysta pelistä toteutettiin kolme versiota. Ensimmäisessä versiossa testaajille ei annettu ohjeistuksia ollenkaan. Toisessa versiossa tutkittava mekaniikka esitettiin tekstinä ja kuvina. Kolmannessa versiossa pelimekaniikka esitettiin videona.

Tutoriaaleja testasi neljä käyttäjää, joilla ei ollut aikaisempaa virtuaalitodellisuuskokemusta ja neljä Turku Game Lab -pelilaboratorion insinööriä asiantuntija-arvioineina. Kokemattomat käyttäjät testasivat ainoastaan yhtä pelin versiota, kun taas asiantuntijat testasivat kaikkia kolmea versiota. Asiantuntijat testasivat pelin versiot järjestyksessä, jossa tutoriaalinen laatu parannetaan asteittain. Kokemattomilla testaajilla oli aikaa testata 10 minuuttia ja asiantuntijoiden testausaika ei rajoitettu. Lisäksi molempien testaukset tallennettiin pelikuvan osalta. Kokemattomat käyttäjät ja asiantuntijat täyttivät testin jälkeen Google Forms kyselytutkimuksen. Tässä työssä yhdistettiin kokemattomien käyttäjien mieltymykset asiantuntijoiden arviointeihin. Lopputuloksena saatiin määrällisesti ja laadullisesti kollektiivinen analyysi.

Testien ja kyselytutkimuksen perusteella analysoitiin kuinka hyvin kokemattomat käyttäjät oppivat teleporttausmekaniikan. Analyysistä selvisi, ettei tutoriaalinen laatu riittänyt varmistamaan mekaniikan oppimista. Oppimiseen vaikuttavista tekijöistä ei voitu tehdä enempää johtopäätöksiä, johtuen testaajien vähäisestä määrästä. Asiantuntijoiden kommentit osoittivat, että huonoin mahdollinen tutoriaali voisi olla laittaa käyttäjä lukemaan suuret määrät tekstiä. Paras tutoriaali voisi olla interaktiivinen videotutoriaali.

Tämä opinnäytetyö osoitti selvästi, että kolmesta tutoriaalinen variaatiosta, graafisesti animoitua videotutoriaalia tulisi testauttaa suuremmalla osallistujien määrällä. Suuremmalla testauksella saataisiin parempi ymmärrys siitä, miten tutoriaalia voitaisiin parantaa.

ASIASANAT:

virtuaalitodellisuus, oppiminen, testaus

Juho Kivistö

DETERMINING THE MOST EFFECTIVE WAY OF PRESENTING A VR CONTROLLER TUTORIAL

- Comparing three variations through expert evaluation

With virtual reality (VR) gaining in popularity among non-gaming communities for purposes such as job-related training, many users with limited exposure to such technologies are asked to engage with VR headsets. The problem is that these users struggle to overcome difficulties posed by using the VR-controllers to move around in the virtual space, resulting in lowered effectiveness of training.

The objective of this final thesis was to study virtual reality tutorials by comparing three tutorial variations. The teleportation mechanics used for moving in virtual reality were taken as the point of view for the tutorials. The testing of the tutorials used the Crumbling Factory virtual reality game project developed by the Turku Game Lab, in the development of which the author had also participated.

Three different versions of the Crumbling Factory game were implemented. In the first version, there was no tutorial at all. In the second version, tutorial were presented with a text and images. In the third version, tutorial were presented via a video.

The three variations of the teleportation tutorial were tested by four users with limited to no VR experience and four Turku Game Lab engineers as expert evaluators. This thesis combines the inexperienced user preferences with expert evaluations into a collective analysis, both quantitatively and qualitatively. Inexperienced users only tested one of the versions. Experts tested all three versions iteratively and the quality of the tutorial was improved after each develop-test cycle. The inexperienced testers had 10 minute for testing and the testing time of the experts was not limited. Every inexperienced user test and expert test sessions were recorded. After the tests were completed, web -based Google Forms questionnaires were filled by all testers both users and experts.

The inexperienced recordings analysis revealed that the quality of the tutorial was not sufficient to ensure the learning of mechanics. No further conclusions could be drawn about the factors influencing learning due to the small number of testers. Expert opinion indicated that the worst possible tutorial would be let the user to read large amounts of text. The best tutorial would be an interactive video tutorial.

This thesis clearly shows that of the three tutorial variations that were presented in this thesis, the graphical animated tutorial should be used for further testing with a large group of participants to better understand how it can be improved.

KEYWORDS:

virtual reality, learning, testing

SISÄLTÖ

SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 VIRTUAALITODELLISUUS	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Laitteisto	8
2.3 Mekaniikkoja	9
2.4 Terminologiaa	10
3 TUTKITTAVA AIHE	11
3.1 Taustaa	11
3.2 Peli	12
4 TESTAUKSET, ANALYYSIT JA PARANNUSEHDOTUKSET	17
4.1.1 Kokemattomat käyttäjät	18
4.1.2 Asiantuntijat	19
4.2 Analyysi	20
5 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	25

KUVAT

Kuva 1 . Pelikuva (aloitus)	13
Kuva 2 . Pelikuva (aloituksen jälkeen)	13
Kuva 3 . Pelikuva (ohjauspaneeli, monta valoa)	13
Kuva 4 . Pelikuva (ohjauspaneeli, yksi valo)	13
Kuva 5 . Pelikuva (reaktori ydin, keski korkea lämpötila)	14
Kuva 6 . Pelikuva (reaktori ydin, korkea lämpötila)	14
Kuva 7 . Pelikuva (reaktori ydin, erittäin korkea lämpötila)	15
Kuva 8 . Pelikuva (reaktori ydin, matala lämpötila)	15
Kuva 9 . Ei ohjeistusta	15
Kuva 10 . Staattinen kuvaohjeistus	15
Kuva 11 . Video ohjeistus (osa 1)	16
Kuva 12 . Video ohjeistus (osa 2)	16
Kuva 13 . Video ohjeistus (osa 3)	16
Kuva 14 . OBS Studio	19
Kuva 15 . Testaustallenne kuvaa	19
Kuva 16 . Testausohjeet asiantuntijoille	20
Kuva 17. Pelielementti pylväsdiagrammi	21

SANASTO

pelimekaniikka

Ennalta määritelty sääntö tai toimintamalli, joka ei muutu [1]

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuuden (VR) suosion kasvaessa muiden kuin peliyhteisöjen keskuudessa, syntyy tarve opettaa työntekijöitä virtuaaliympäristössä. Mikä taas vaatii opettamaan VR-silmikkojen käyttöä. Ongelmana käyttäjillä on oppia käyttämään VR-ohjaimia virtuaalitodellisuudessa liikkumiseen, mikä johtaa koulutuksen laskevaan tehokkuuteen.

Virtuaalitodellisuus tutoriaaleista ei ole olemassa vielä yleisesti käytettyä standardia. Virtuaalitodellisuus (VR) on vielä melko uudehko teknologia, joten sen pelimekaniikkojen opetustavoissa on vielä tutkittavaa. Myöskään VR-tutoriaaleja käsitteleviä aineistoja on vähän tai hyvin vähän olemassa.

Otetaan tutkimuksen kohteeksi uusien pelimekaniikkojen opetustutoriaalit virtuaalitodellisuudessa. Tutoriaalien tarkastelupisteeksi otettetaan virtuaalitodellisuudessa liikkumiseen käytetty teleporttausmekaniikka. Työn toimeksiantajana on Turun ammattikorkeakoulun Turku Game Lab -pelilaboratorio. Työn tutoriaalin testauksissa käytetään sen kehittämää Crumling Factory -virtuaalitodellisuuspeliprojektia, jonka kehitystyöhön kirjoittaja on osallistunut.

Testauksissa käytetään virtuaalitodellisuudelle täysin kokemattomia käyttäjiä. Lisäksi tutoriaaleja testautetaan pelilaboratorion neljällä omalla insinöörillä. Pelistä toteutetaan kolme erilaista testattavaa versiota. Ensimmäisessä versiossa testaajille ei anneta ohjeistuksia ollenkaan. Toisessa versiossa tutkittava mekaniikka on esitetty tekstinä ja kuvina. Kolmannessa versiossa pelimekaniikka esitetään videona. Kokemattomat testaajat testaavat yhtä kolmesta versiosta ja asiantuntijat testaavat kaikki kolme versiota järjestyksessä, jossa ohjeistuksen laatua lisätään asteittain.

Kokemattomat käyttäjät ja asiantuntijat täyttävät testin jälkeen Google Forms kyselytutkimuksen. Näiden testien ja kyselytutkimuksen perusteella analysoidaan kuinka hyvin kokemattomat käyttäjät oppivat teleporttausmekaniikan. Asiantuntijoiden testauksissa tutkitaan heidän reaktioitaan ja ehdotuksiaan tutoriaaliin. Kyselytutkimuksessa asiantuntijoilta kysytään millainen olisi huonoin ja paras mahdollinen tutoriaali. Työssä siis halutaan tutkia minkälainen tutoriaali virtuaalitodellisuuspelille olisi paras mahdollinen. Opinnäytetyössä tutkitaan tutoriaalien hyödyllisyyttä ainoastaan virtuaalitodellisuuspelien teleporttausmekaniikan opettelussa. Tutkimuksesta rajataan pois muut pelit ja tutoriaalit, koska halutaan rajata tutkittava osa-alue helposti ymmärrettävään kokonaisuuteen.

2 VIRTUAALITODELLISUUS

2.1 Yleistä

Virtuaalitodellisuus tai VR (engl. virtual reality) on vielä uudehko teknologia. Sanalla virtuaalitodellisuus viitataan tietokoneella luotuun kolmiulotteiseen vuorovaikutettavaan ympäristöön. Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet ovat lähes rajattomat, koska virtuaalimaailmaan voidaan käytännössä luoda minkälainen ympäristö tahansa. Virtuaalimaailma tai virtuaalitodellisuus on keinotekoinen ympäristö. Se saattaa olla oikean maailman kaltainen tai se voi olla aivan jotain sellaista, josta ihminen pystyy vain kuvittelemaan.^[2] Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös matkustamisen, niille henkilöille, jotka eivät itse pysty fyysisesti menemään paikan päälle.^[3] Tällaisen kokemuksen mahdollistaa esimerkiksi suomalainen VirtualTraveller yritys^[4].

2.2 Laitteisto

Virtuaalitodellisuus sovelluksien käyttöä varten tarvitaan tarpeeksi tehokas tietokone, jossa on valmiudet virtuaalitodellisuudelle. Tietokoneen laitteistovaatimukset virtuaalitodellisuudelle riippuvat paljon käytettävästä virtuaalitodellisuus -laitteesta.^[5] Lisäksi tarvitaan erilliset virtuaalitodellisuuslasit eli VR-silmikko. VR-silmikko on päähän laitettava niin sanottu kypärä, josta käyttäjä näkee virtuaalimaailman. VR-silmikon lisäksi tarvitaan virtuaalitodellisuus peliohjaimet tai VR-ohjaimet (engl. VR controllers), joilla vuorovaikutetaan virtuaalimaailmassa. Tässä työssä virtuaalitodellisuuslaseja kutsutaan VR-silmikoksi (engl. VR glasses) ja virtuaalitodellisuus peliohjaimia VR-ohjaimiksi. Viimeiseksi tarvitaan VR-silmikkoa seuraavat tunnistimet. Tunnistimet (engl. base station) mahdollistavat käyttäjän seuraamisen fyysisessä tillassa. Tunnistimet on hyvä asettaa tarpeeksi korkealle, jotta ne pystyvät havaitsemaan sekä VR-silmikon että peliohjaimet.^[6] Nykyään on myös olemassa VR-silmikkoja, jotka eivät vaadi erillisiä tunnistimia ^[7]. Virtuaalimaailmassa asioiden kanssa vuorovaikuttaminen tehdään pelaajan käsissä olevien peliohjaimien avulla. Tosin tähänkin on kehitetty jo vaihtoehtoisia vuorovaikutustapoja, kuten hanskikat^[8].

Esimerkkejä tietokoneen laitteistovaatimuksista

HTC:n VIVE vaatii suorittimeksi vähintään Intelin Core i5-4590:n tai AMD:n FX 8350:n. Näytönohjaimeksi taas vähintään NVIDIA:n GeForce GTX 1060 tai AMD:n Radeon RX 480, myös paremmat mallit käyvät. Keskusmuistia vaaditaan vähintään 8 GB.[\[9\]](#) Jos taas halutaan tarkastella aivan markkinoiden parhaimmista Varjon VR-2 Prohon, vaatii se laitteistoltakin paljon enemmän. Suorittimeksi Varjo suosittelee jompaakumpaa seuraavista tai parempaa Intelin Core i7-8700 tai AMD:n Ryzen 7 2700. Myös näytönohjaimelta Varjon laite vaatii paljon enemmän kuin esimerkiksi HTC VIVE. Varjon VR-2 Pro vaatii NVIDIA:n GeForce RTX 2080-pelinäytönohjaimen tai NVIDIA:n Quadro RTX 6000 -yrityskäyttöön tarkoitetun suunnittelunäytönohjaimen. Keskusmuistia vaaditaan vähintään 16 GB.[\[10\]](#)

2.3 Mekaniikkoja

Virtuaalitodellisuudessa ympäristöön voidaan vuorovaikuttaa hyvin pitkälle samalla tavalla kuin oikeassa maailmassa. Esimerkiksi jos pelaaja haluaa vääntää vivusta, pelaaja vie ohjaimen virtuaalimaailmassa vivun kohdalle ja painaa ohjaimesta jotakin nappia ottaakseen kiinni ja sen jälkeen vääntää vivusta aivan kuten oikeassa elämässä tekisi. Virtuaalitodellisuudessa liikkumista käsitellään seuraavassa alaluvussa.[\[11\]](#)

Liikkuminen

Virtuaalimaailmassa liikkuminen voi tapahtua kävelemällä fyysisessä tilassa, mutta tätä tapaa ei hirveästi suositella, koska fyysinen pelitila on yleensä aika pieni. Myöskään pelaajan suora liikkuminen ilman, että pelaaja liikkuu fyysisesti, ei ole hyvä idea. Mikäli pelaaja ei liiku fyysisessä tilassa, mutta pelihahmo liikkuu virtuaalimaailmassa, se voi aiheuttaa pahoinvointia pelaajalle[\[12\]](#). Sen sijaan liikkuminen virtuaalitodellisuudessa tapahtuu käyttämällä alustalle kehitettyä mekaniikkaa teleporttausta (engl. teleport).[\[13\]](#) Teleporttaamisen on siis tilassa siirtymistä. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että pelaaja painaa ohjaimen teleporttauspainiketta pohjaan. Tämä kytkee teleporttauksen laaserin päälle peliohjaimessa ja laserin avulla pelaaja osoittaa kohtaan johon haluaa itsensä siirtää virtuaalimaailmassa. Teleporttaminen on pelaajalle virtuaalitodellisuuden suoraviivaisempia mekaniikkoja. Tästä syystä se on tähän työhön valittu tarkastelun kohteeksi.[\[14\]](#)

2.4 Terminologiaa

Virtuaalitodellisuus pitää sisällään useita eri käsitteitä, joita avataan tässä luvussa. Pään seurauksella (engl. head tracking) tarkoitetaan VR-silmikon tai (engl. VR glasses) paikkaa ja kallistuskulmaa eli voidaan määrittää, minne ja mihin asentoon pelaaja on suunnannut päänsä. Pään seuraukseen läheisesti liittyvä toinen käsite on silmien seuranta (engl. eye tracking), joka kertoo pelaajan silmien sijainin verrattuna pään sijaintiin. Silmien seuraamista voidaan käyttää hyväksi, silloin kun halutaan enemmän tietoa siitä mikä pelaajan mielenkiinnonkohtena tutkittavassa näkymässä. Toinen pään seurantaan liittyvä käsite on katse (engl. gaze) tarkoittaa mihin suuntaan pelaaja on katsomassa. Esimerkiksi suomalainen Varjo-yritys on kehittänyt silmien seurantaan hyväksi käyttävän VR-silmikon, jossa näytön korkea tarkkuus on vain sillä näytön alueella, jonne pelaaja on silmänsä suunnannut. [15, 16]

Seuraava käsite liittyy vahvasti ympäristön kanssa vuorovaikutukseen. Virtuaalitodellisuudessa asioiden kanssa vuorovaikuttaminen vaatii sen, että voidaan havaita milloin jokin asia osuu pelaajaan. Törmäyksen tunnistuksen (collision detection) avulla pelaajalle voidaan välittää tietoa siitä, että esimerkiksi peliohjain on osunut johonkin peliympäristön esineeseen. Yleensä tämä tieto välitetään tuntopalautteena (engl. haptic feedback) tai sitten jonain visuaalisena tehosteena (engl. visual feedback).[16]

Virtuaalitodellisuus tutoriaalain elementit

Ideaalissa VR-tutoriaalissa käyttäjää ei jouduta neuvomaan kuvien ja tekstien avulla, vaan käyttäjä oppii perusohjausmekaniikat itse. Näitä mekaniikkoja ovat mm. teleporttaus, ympäristöön vuorovaikuttaminen peliohjainten avulla, kuten edellä mainittiin. Myös ympäristön tutkiminen päätä kääntämällä ja fyysinen liikkuminen ovat virtuaalitodellisuudelle tärkeitä mekaniikkoja.

3 TUTKITTAVA AIHE

Työn toimeksiantajana on Turun ammattikorkeakoulun Turku Game Lab –pelilaboratorio. Työssä tutkitaan virtuaalitodellisuudelle uuden käyttäjän oppimisprosessia. Lisäksi tutkittava osa-alue rajattiin yksittäiseen pelimekaniikkaan teleporttaamiseen. Halutaan siis tutkia kuinka pitkään käyttäjällä kestää sisäistää teleporttausmekaniikka kokemattoman käyttäjän sekä asi-
aantuntijan näkökulmista. Jonkin asian sisäistämisessä tarkoitetaan tässä tapauksessa, että käyttäjä onnistuu kohdistamaan siirtymiset tarpeeksi tarkasti ja siten, ettei se vaikeuta pelin muuta pelaamista. Mekaniikan opetukseen käytetään kahta visuaalista ohjeistusta ja lisäksi tutkitaan kuinka hyvin käyttäjä oppii mekaniikan ilman ohjeistusta.

Visuaaliset tutoriaalit valitaan niiden havainnollistavuuden takia. Ensimmäinen tutoriaali sisältää tekstiä sekä kuvia ja toinen on videotutoriaali. Halutaan tutkia mikä kolmesta tavasta olisi paras tapa opettaa uusi pelimekaniikka suurimmalle osalle virtuaalitodellisuudelle uusista käyttäjistä. Tutkimukseen valittua pelimekaniikan esitystapaa ei tutkita, eikä sen toteutukseen pureuduta. Työssä nimenomaan halutaan tutkia virtuaalitodellisuudelle uuden käyttäjän pelimekaniikan oppimisprosessia. Teleporttausmekaniikka valikoitui työhön sen suoraviivaisuuden takia. Tutkimuksen toteuttaja ei ole toteuttanut testattavan pelin teleporttausmekaniikkaa. Tutkimuksen toteuttaja on toiminut projektissa pääohjelmoitsijana, pelisuunnittelijana ja testaajana

Kirjalliset ohjeet virtuaalitodellisuus -peleissä ovat aina riskialtiita. Kaksiulotteista tekstiä ei ole suunniteltu toimimaan kolmiulotteisessa virtuaalimaailmassa, joten sen käyttöä pitäisi välttää. Halutaan kuitenkin tutkia, että miten hyvin käyttäjä sisäistää teleporttaus-mekaniikan käyttäen staattisia ohjeita. Kokonaan tekstin käytöstä ei voida luopua, mutta kirjallisille ohjeille pitäisi kehittää vaihtoehtoisia esitystapoja. [\[17\]](#)

3.1 Taustaa

Miksi Crumbling Factory -peliprojekti haluttiin toteuttaa? Crumbling Factoryn piti olla alunperin kuukauden mittainen pieni korvausprojekti, joka valmistaisi opiskelijoita isompaa projektia varten. Projektin edetessä toimeksiantajaopettaja kuitenkin näki muutakin potentiaalia siinä kuin pelkästään pelin korvausprojektin, joten projektia alettiin työstää eteenpäin. Sen tarkoitus olisi olla tutoriaali ja ensi kosketus virtuaalitodellisuuteen sellaisille käyttäjille, jotka eivät ole

käyttäneet virtuaalitodellisuus -sovelluksia ennen. Pelin tarkoituksena on opettaa virtuaalitodellisuuden perusidea hausalla ja mieluisalla tavalla.

Projekti

Crumbling Factory on tutoriaalimuotoinen peli, joka voidaan luokitella tutoriaaliksi sen keston lyhyden takia. Pelissä käyttäjän tehtävä on yksinkertaistettuna estää tehtaan reaktoriytimen räjähtäminen. Tämä tapahtuu käyttämällä erilaisia nappoja, vipuja ja ventilejä. Käyttämällä oikeaa vipua, nappia tai ventiliä pelaaja saa laskettua tehtaan reaktorin lämpötilaa. Peli ei rangaista pelaajaa väärän asian käyttämisestä muuten kuin, että lämpötila jatkaa nousua ja pelaaja menettää aikaa. Kun pelaaja on käyttänyt riittävää montaa vipua, nappia tai ventiliä; tehtaan reaktorin hätäsulkuovi avautuu ja pelaaja pääsee voittamaan pelin vääntämällä reaktorin hätäsulkuvivusta. Pelaaja häviää pelin lämpötilan noustessa liian korkeaksi. Crumbling Factory soveltuu tutkittavaan aiheeseen, koska se on kehitetty ensikosketukseksi virtuaalitodellisuuteen.

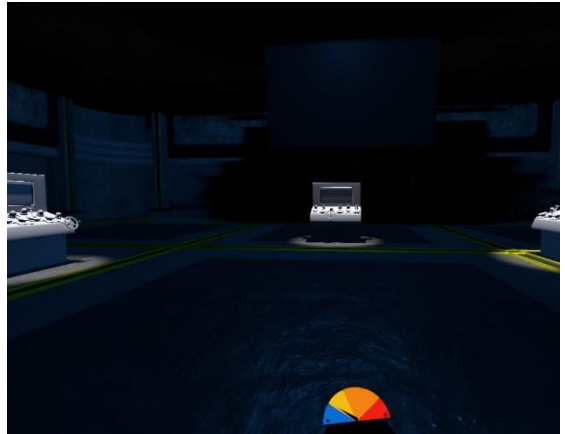
3.2 Peli

Pelin kuvaus

Crumbling Factory alkaa melkein pimeästä huoneesta, jossa katossa oleva kohdevalo osoittaa huoneen keskellä olevaa pientä ohjauspaneelia, Kuva 1. Pelaajan pitää teleportata vivun luokse ja vääntää siitä. Tämän pitäisi opettaa pelaajalle miten vivun kanssa vuorovaikutetaan myöhemmin varsinaisen pelin alkaessa. Pelaajan väännettyä vivusta ohjauspaneeli katoaa hitaasti lattian sisään ja kuuluu varoitusääni ja huoneeseen syttyvät valot, Kuva 2.



Kuva 1 . Pelikuva (aloitus)



Kuva 2 . Pelikuva (aloituksen jälkeen)

Pelaaja huomaa olevansa jonkinlaisessa tehtaassa valvomossa. Ensimmäisen ohjauspaneelin kohdevalon sammussa kolme uutta kohdevaloa syttyy pelaajan edessä oleviin isoihin ohjauspaneeliin. Tässä vaiheessa pelin ympäristön valaistus muuttuu sinertävästä kellertävään ja alkaa tummumaan kohti oranssia. Yhteensä ohjauspaneeliin syttyy joko punainen, oranssi tai keltainen varoitusvalo, Kuvat 3 ja 4. Varoitusvalon pitäisi kiinnittää pelaajan huomion.



Kuva 3 . Pelikuva (ohjauspaneeli, monta valoa)



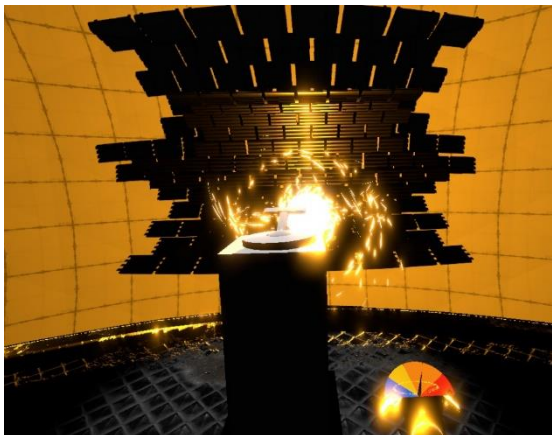
Kuva 4 . Pelikuva (ohjauspaneeli, yksi valo)

Pelaajan siirtyessä paneelin luo hänen pitäisi huomata että paneelissa on nappeja, vipuja ja venttiili. Jokaista näitä kohteita on oma varoitusvalo. Paneeliin syttynyt varoitusvalo on jonkun näiden vuorovaikutettavien asioiden vieressä ja pelaajan pitäisi ymmärtää käyttää varoitusvaloa vastaa asiaa. Valo palaa hetken ja vilkkahtaa sitten kerran ja koko ajan tiheämmin. Mikäli pelaaja

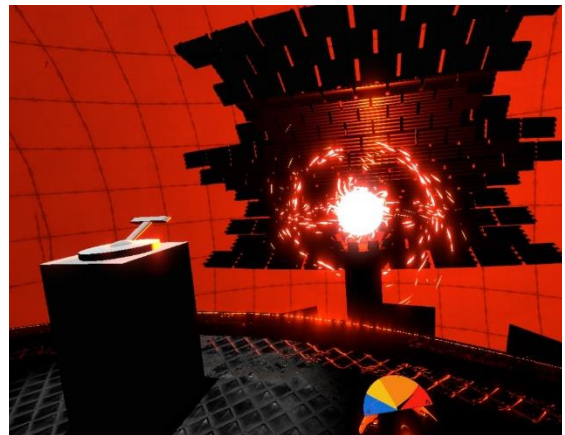
ei ehdi vuorovaikuttaa ajoissa valo sammuu kokonaan. Pelaajan on odotettava uuden valon syttymistä.

Peli ei rankaise pelaajaa, jos tämä ei ehdi ajoissa käyttää varoitusvaloa vastaavaa asiaa muuten kuin, että lämpötila jatkaa nousuaan. Tämä ilmenee pelaajan ohjaimeen kiinnitetystä lämpömittarista, erilaisista räjähdyksistä ja ympäristön valaistuksesta. Kun pelaaja on onnistuneesti onnistunut painamaan oikeaa nappia, vääntämään oikeaa vipua tai pyörittämään oikeaa venttiiliä, välähtää varoitusvalo vihreäksi ja sammuu. Tämä kertoo pelaajalle, että hän on tehnyt oikein. Pelaaja myös huomaa lämpömittarista lämpötilan laskevan. Tämän jälkeen syttyy uusi varoitusvalo jompaan kumpaan jäljellä olevaan ohjauspaneeliin.

Lämpötilan noustessa ohjauspaneelisiin alkaa ilmestyä lisää varoitusvaloja. Kun pelaaja on käyttänyt riittävää montaa vuorovaikutettavaa asiaa, avautuu pelaajan takana oleva jättimäinen ovi hitaasti ja ovesta tulvivan valon pitäisi kiinnittää pelaajan huomion. Oven avautuessa lämpötila saattaa olla jo aika korkea, joten saattaa olla, että pelaaja joutuu laskemaan tehtaan lämpötilaa ennen kuin hän voi mennä sisään avautuneesta oviaukosta.

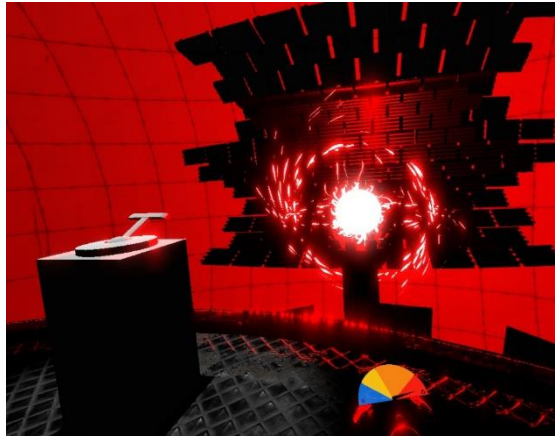


Kuva 5 . Pelikuva (reaktori ydin, keski korkea lämpötila)

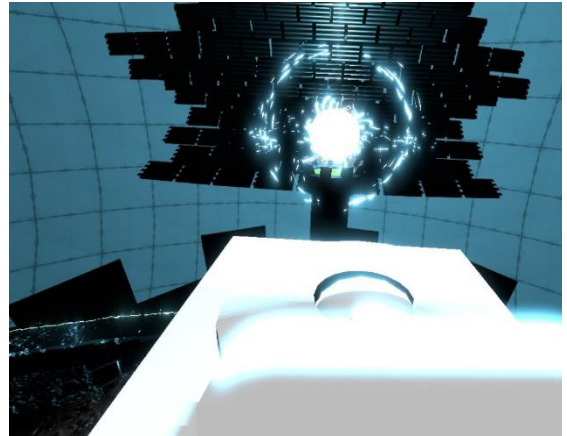


Kuva 6 . Pelikuva (reaktori ydin, korkea lämpötila)

Pelaajan mennessä sisään ovesta hän näkee edessään valtavan pyörivän valopallon. Pallon väri tummuu kohti punaista, Kuvat 5, 6 ja 7. Keskellä rautaista uloketta on kohdevalolla valaistu ohjauspaneeli, jossa on yksi vipu. Pelaajan vääntäessä vivusta valopallon väri muuttuu hyvin nopeasti punertavasta siniseen, Kuva 8. Tämän jälkeen pelaaja on voittanut pelin.



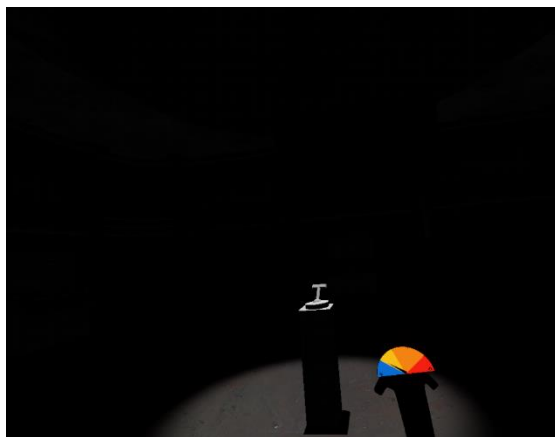
Kuva 7 . Pelikuva (reaktori ydin, erittäin korkea lämpötila)



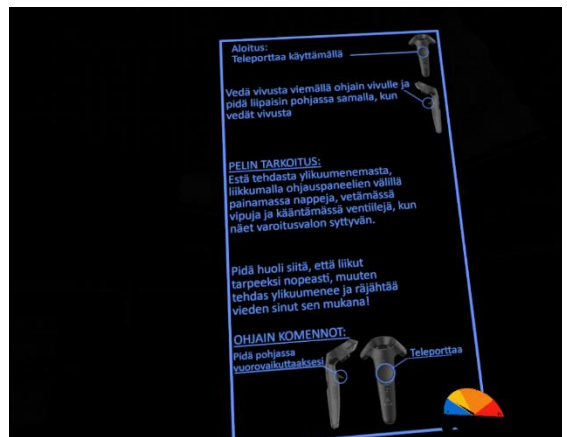
Kuva 8 . Pelikuva (reaktori ydin, matala lämpötila)

Pelin versiot

Pelistä toteutettiin kolme erilaista versiota. Pelin eri versioihin viitataan tässä työssä CF -lyhenteellä. Ensimmäinen versio (CF1) on sama kuin alkuperäinen peli. Alkuperäisessä pelissä ei ollut tutoriaalia ollenkaan, kuten Kuvassa 9 näkyy. Toisessa pelin versiossa (CF2) haluttiin käyttäjälle antaa ohjeet tekstinä ja kuvina. CF2:n tutoriaalissa opetetaan pelin kaikki pelimekaniikat yhdellä kertaa, Kuva 10.



Kuva 9 . Ei ohjeistusta



Kuva 10 . Staattinen kuvaohjeistus

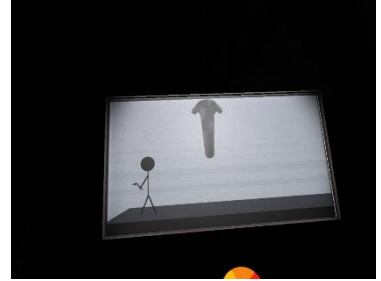
Kolmannessa versiossa (CF3) haluttiin parantaa ohjeistuksen laatua ja rajata tutoriaali yksittäisen pelimekaniikan ohjeistukseen. Päädyttiin ratkaisuun, jossa käyttäjälle esitetään ohjeet video-animaationa, Kuvat 11, 12 ja 13.



Kuva 11 . Video ohjeistus (osa 1)



Kuva 12 . Video ohjeistus (osa 2)



Kuva 13 . Video ohjeistus (osa 3)

4 TESTAUKSET, ANALYYSIT JA PARANNUSEHDOTUKSET

Testaussuunnitelma

Testauksessa tullaan käyttämään 30 käyttäjätestaajaa, joilla ei ole aikaisempaa virtuaalitodellisuus pelikokemusta. Testaajat jaotellaan kolmeen kymmenen hengen testausryhmään. Jokainen ryhmä testaa pelin eri versiota. Testaukset tallennetaan OBS -Studio ohjelmalla. Testauksen jälkeen, testaajat täyttävät Google Forms -verkkokyselytutkimuksen. Testauksen järjestäjä valvoo testauksen suorittamista paikan päällä.

Hypoteesi

Oletetaan testataajan kehittyvän teleporttauspelimekaniikan oppimisessa koko ajan paremmaksi ja kohti pistettä, jossa pelimekaniikan käyttäminen ei vaikeuta pelin pelaamista.

Testauksen toteutus

Testaussuunnitelmaa jouduttiin muuttamaan johtuen Covid-19 -pandemiasta. Testaajien määrää jouduttiin kaventamaan neljään kokemattomaan käyttäjään, sillä virtuaalitodellisuus -laitteiston desinfiointi oli vaikeaa erityisesti VR-simikon. Lisäksi kokemattomien testaajien puutteen vuoksi otettiin käyttöön asiantuntijoita testaamaan ja antamaan asiantuntijapalautetta testattavista pelin versioista.

Testaajat

Testauksessa käytettiin neljää virtuaalitodellisuudelle täysin kokemattomia käyttäjiä, ja neljää Turku Game Lab –pelilaboratorion insinööriä suorittamaan asiantuntija-arvioinnit. Kokemattomat käyttäjät testasivat jokainen vain yhtä pelin versiota, ja asiantuntijat testasivat pelin kaikki neljä eri versiota järjestyksessä, jossa ohjeistuksen laatua parannettiin asteittain. Testauksen järjestäjä valvoi testin suorittamista ainostaan kokemattomien testaajien osalta. Asiantuntijat täyttivät ennen testausta Google Forms -kyselytutkimuksen. Kaikki testaajat täyttivät testauksen jälkeen Google Forms -kyselytutkimuksen.

4.1.1 Kokemattomat käyttäjät

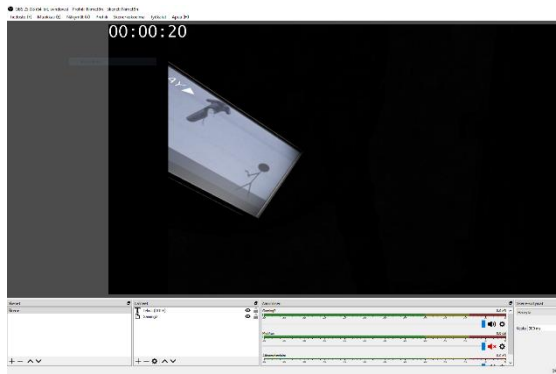
Testaustapahtuma

Testaajalle annettiin VR-silmikko ja käteen VR-ohjain. Tämän jälkeen käynnistettiin pelin jokin kolmesta eri versiosta ja testauksen järjestäjä ilmoitti testaajalle, että testauksen voi aloittaa. Testauksessa tutkitaan testaajan käyttäytymistä pelissä ja siitä, mihin asioihin hän kiinnitti huomionsa. Ensisijaisesti tarkkaillaan testaajan teleporttausmekaniikan oppimisprosessia ja testaajan huomiota mahdollisiin ohjeistuksiin. Testaajalla on aikaa 10 minuuttia pelata peliä. Mikäli testaaja pääsee pelin loppuun, hänen ei tarvitse jatkaa testaamista, sillä pelin läpäiseminen edellyttää teleporttausmekaniikan sisäistämistä. Testauksen jälkeen testaaja täyttää verkkokyselyn. Testauksen järjestäjä ei puuttunut testin aikana ongelmakohtiin, muuten kuin toteamalla vastausten olevan testattavassa sovelluksessa.

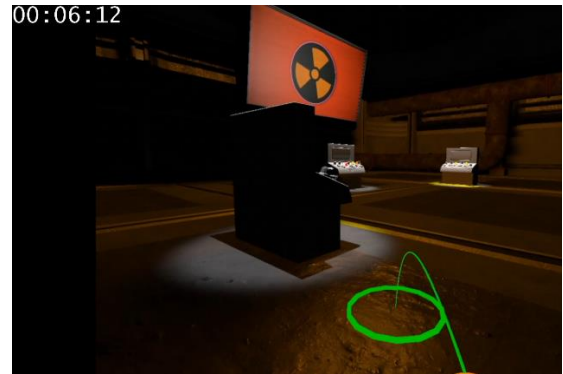
Laitteisto ja ohjelmisto

Kokemattomien käyttäjien testeissä käytettiin kahta tietokonetta, yhtä pöytätietokonetta itse pelin pelaamiseen ja yhtä kannettavaa tietokonetta pelikuvan tallentamiseen. Ensimmäinen pöytätietokone Windows 10 Pro -käyttöjärjestelmällä ja laitteistona Intelin Core i5-3570K, näyttöohjaimena NVIDIA:n GTX 660 Ti ja RAM -muistia 12 GB. Toinen testauksessa käytetty on kannettavatietokone myöskin Windows 10 Pro -käyttöjärjestelmällä, jonka laitteistona on Intelin Core i7-2630QM, näyttöohjaimena NVIDIA:n Quadro 2000M ja RAM -muistia 16 GB. Virtuaalilaitteistona käytettiin HTC VIVE:ä.

Pelikuvan tallentamiseen käytettiin OBS Studio -ohjelmaa, Kuva 14. Ohjelmaan oli asennettu NDI -lisäosa, joka mahdollisti pelikuvan tallentamisen erillisellä tietokoneella. Lisäksi käytettiin My Stream Timer -ohjelmaa peliajan näyttämiseen, Kuva 15.



Kuva 14 . OBS Studio



Kuva 15 . Testaustallenne kuvaa

4.1.2 Asiantuntijat

Asiantuntijoille annetaan testattavaksi ja arvioitavaksi pelin kolme eri versiota. Versiot testataan järjestyksessä, jossa ohjeistuksen laatua parannetaan. Ennen testausta he täyttävät esi kyselyn Google Formsiin. Asiantuntijoiden testausaikaa ei rajoitettu, vaan kun asiantuntija on testannut tiettyä versiota mielestään tarpeeksi kauan hän vaihtaa testattavaa versiota sellaiseen, jossa ohjeistuksen laatua on parannettu. Asiantuntijoille annettiin Kuvan 16 mukaiset ohjeet. Testattuaan kaikki versiot asiantuntijat täyttävät toisen Google Forms -kyselylomakkeen. Testaukset suoritettiin etänä valvomattomasti.

```
=====  
|--Testing Instructions--|  
=====
```

PART I (before testing)

- Fill pre questionnaire
[<https://forms.gle/tJ6qu4ZXF8XD2nL56>]

PART II (test)

- Please record your testing (no audio required)
- Testing must be performed in the following order (you don't need to complete the game before you change the version):
 - first: CF1
 - second: CF2
 - third: CF3
- After you have tested all of these versions you can test again any of these versions as many times as you need
- Pay attention on the following elements in the game
 - teleport game mechanic learnability via instructions
 - quality of the teleport game mechanic instructions

PART III (after testing)

- Fill post questionnaire
[<https://forms.gle/7aColywd4QAt7L7S9>]

Kuva 16 . Testausohjeet asiantuntijoille

Laitteisto ja ohjelmisto

Asiantuntijatesteissä jokainen testaaja käytti eri tietokonetta ja käytetyissä virtuaaliodellisuus -laitteissa ei ollut eroja. Asiantuntijoiden käyttämät virtuaaliodellisuus -laitteet eivät olleet sellaisia, joille testaus oli tarkoitettu. Kaikilla asiantuntijoilla oli käytössä tarpeeksi tehokas tietokone käyttämälleen Oculus Rift S -virtuaaliodellisuus laitteistolleen. Pelikuvan tallentamiseen he käyttivät NVIDIAN Geforce Experience -ohjelmaa.

4.2 Analyysi

Kokemattomat käyttäjät

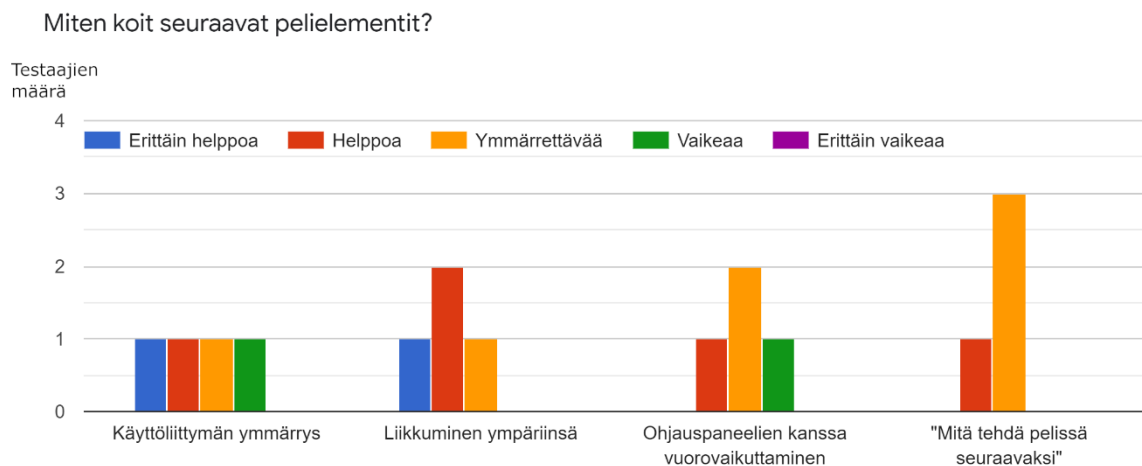
Testaustulokset poikkesivat huomattavasti toisistaan, mikä oli oletettavaa, mutta myös saman testausversion sisällä oli huomattavasti poikkeavaa. Testauksissa poikkeavuutta ei osattu olettaa tapahtuvan saman testausversion sisällä kuin hieman.

Testauksessa huomattiin, että teleporttausmekaniikan oppiminen ei ole yksin kiinni ohjeistuksesta tai sen laadusta, vaan vaikuttavia tekijöitä voivat olla myös testaajan ikä ja esimerkiksi hahmotuskyvyt. Teleporttausmekaniikan oppimisprosessiin vaikuttavista tekijöistä ei voida tehdä johtopäätöksiä tämän tutkimuksen puitteissa testaajien vähäisen määrän vuoksi.

Testauksessa huomattiin myös, että pelkkä tutkittavan mekaniikan ohjeistus ei riitä. Tarvitaan myös muiden pelimekaniikkojen ohjeistukset, sillä tämä vaikeuttaa pelin pelaamista ja näin tutkittavan elementin oppimisprosessin seuraamista. Kyseinen puute esiintyy vain pelin versiossa kaksi, joten vaikutus on vähäinen. Huomattiin myös, että testattavan pelin teleporttaus laserin esitystapa oli osalle testaajille epäselvä ja sen tarkoitusta ei ymmärretty. Teleporttaus laserin ymmärtämättömyys johti virheellisiin teleporttauksiin. Lisäksi huomattiin, että osa testaajista ei hahmottanut, mitä ohjaimen napeista pitäisi painaa ja tämä johti usean napin samaanaikaiseen painamiseen.

Kyselytutkimukset

Kyselytutkimuksista huomataan, että pelin läpäisyprosentissa on paljon poikkeavuutta testaajien kesken, mutta yleisesti testaajat silti nauttivat pelin pelaamisesta. Pelin mekaniikat taas suurin osa testaajista oppi yrityksen ja erehdyksen kautta, mutta pieni osa testaajista ei oppinut niitä missään vaiheessa. Pelimekaniikkojen opetteleminen vaikutti testaajien mielestä pelistä nauttimiseen jonkin verran tai paljon. Pelin eri elementit testaajat kokivat Kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 17. Pelielementti pylväsdiagrammi

Pelin päämäärän selvittäminen tuli suurimmalle osalle testaajista selkeäksi pelattuaan peliä yhä pidemmälle. Pieni osa testaajista ei ymmärtänyt mikä oli pelin päämäärä, mutta se ei ollut onneksi tutkimuksen kannalta oleellista.

Testaajien mielestä ohjauspaneelien kanssa vuorovaikuttaminen kaipaisi vähän lisäohjeistusta. Lisäksi pelin päämäärä ilmaiseminen kaipaisi lisäohjeistusta. Liikkumisen ympäriinsä eli tässä tapauksessa teleporramiinen ei suurimman osan testaajien mielestä kaipaa lisäohjeistusta. Tästä voidaan päätellä, että teleporttausmekaniikan opetus on ollut testaajien mielletä riittävää.

Asiantuntijatestaus

Asiantuntijoiden testitallenteista huomaa asiat, joihin he testatessa kiinnitivät huomionsa. Osa heistä kiinnitti huomionsa ainoastaan vähän tai ei ollenkaan tutkittavina oleviin asioihin, vaikka heitä oli ohjeistettu toisin. Melkein kaikki asiantuntijat suorittivat pelin kaikki versiot loppuun asti, vaikka se ei ollut pakollista. Yksikään heistä ei testannut versioita uudelleen ainakaan tallenteiden perusteella, vaikka tämä oli mahdollista.

Kyselytutkimukset

Asiantuntijoille teetettiin kaksi Google Forms -kyselytutkimusta ensimmäinen ennen testausta ja toinen testauksen jälkeen.

Ensimmäisessä kyselyssä heiltä kysyttiin hieman taustatietoja. Kysymykset koskivat heidän käyttämäänsä testauslaitteistoa tietokoneen ja virtuaalitodellisuus -laitteen osalta sekä pelikuvan tallentamiseen käytettyä ohjelmaa. Viimeiseksi heiltä kysyttiin, kuinka paljon heillä on virtuaalitodellisuus -pelikokemusta. Kaikilla asiantuntijoilla oli aika paljon tai paljon virtuaalitodellisuus -pelikokemusta.

Toisessa kyselyssä kysyttiin mitä testattavista versioista he olisivat käyttäneet opettaakseen teleporttausmekaniikan virtuaalitodellisuudelle uudelle käyttäjälle. Vastausten perusteella asiantuntijat olivat yksimielisesti version kannalla, jossa käytettiin videotutoriaalia (CF3). Valinnan he tekivät tutoriaalin visuaalisuuden ja helppouden vuoksi lisäksi se opetti vain yhden pelimekaniikan kerralla. Seuraavaksi kysyttiin oliko teleporttausmekaniikan ohjeistukset samankaltaisia joihin he olivat tottuneet. Vastausten perusteella asiantuntijat olivat tottuneet juuri testeissä käytettyjen kaltaisiin ohjeistuksiin. Varsinkin version CF2 kaltaisiin tutoriaaleihin. Seuraavaksi

kysyttiin mikä olisi pahin opettaa uusi pelimekaniikka virtuaalitodellisuudelle uudelle käyttäjälle. Vastauksista selvisi, että pahin tapa olisi olla opettamatta pelimekaniikkaa ollenkaan tai laittaa käyttäjä lukemaan kerralla valtavan määrän tekstiä. Parhaaksi tutoriaalinen esitystapaksi ei löytynyt yksimielistä kantaa. Eräs ehdotus olisi maalata oikealla hetkellä se näppäin ohjaimesta, jota pelimekaniikan suorittaminen vaatisi. Ehdotettiin myös pelimekaniikan asteittaista opetusta, jolloin käyttäjällä olisi aikaa totutella opetettavaan pelimekaniikkaan. Parhaaksi tutoriaalinen esitystapaksi ehdotettiin CF3:ssä käytettyä opetustapaa. Viimeiseksi heiltä kysyttiin huomioita teleporttaus-tutoriaalisen esitykseen ja muita huomioita yleisesti testiin liittyen. Vastausten perusteella myös asiantuntijat huomasivat, että CF3 opettaa ainoastaan teleporttausmekaniikan. Tutoriaalisen parantamiseksi ehdotettiin ääniohjeistuksen lisäämistä.

Parannusehdotukset

Testausta voitaisiin parantaa tallentamalla ohjaimen näppäinpainallukset. Myös pelin versioon CF2 voitaisiin lisätä video-ohjeistus ohjauspaneelien käyttämiseen. Peliä voitaisiin parantaa suurentamalla ja parantamalla pelaajan VR-ohjaimen kiinnitettyä lämpömittarin visuaalisuutta.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä lähdettiin tutkimaan opetustutoriaalini eri esitystapoja virtuaalitodellisuudelle täysin kokemattomalle käyttäjälle ja sitä mikä olisi paras mahdollinen tutoriaalityyppi. Tutoriaalini tarkastelupisteeksi otettiin virtuaalitodellisuudessa liikkumismekaniikka teleporttaaminen. Teleporttausmekaniikan tutoriaaleja toteutettiin työssä kolme kappaletta. Tutoriaalit toteutettiin Turku Game Lab -pelilaboratorion tekemään Crumbling Factory -peliprojektiin. Crumbling Factorysta tehtiin kolme erilaista versiota CF1, CF2 ja CF3. CF1:ssä ei ollut tuttoriaalia ollenkaan, CF2:ssa oli staattinen kuvaohjeistus ja CF3:ssa oli video tutoriaali. Opinnäytetyössä oli alun perin tarkoitus käyttää 30 testaajaa tutoriaalini testaamiseen. Testaussuunnitelmaa jouduttiin muuttamaan Covid-19 -pandemiasta johtuen. Testaajien määrää jouduttiin kaventamaan todella paljon. Lopulta kokemattomia käyttäjiä testaajia oli vain neljä kappaletta. Lisäksi tutoriaaleja testautettiin Turku Game Lab -pelilaboratorion neljällä asiantuntijalla. Kokemattomien käyttäjien testaustallenteista ja kyselytutkimusten analysoinneissa saatiin selville seuraavaa. Huomattiin, että tutoriaalini laatu ei yksin riitä selittämään kuinka hyvin kokematon käyttäjä oppii mekaniikan. Oppimiseen vaikuttavista tekijöistä ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä testaajien vähäisen määrän vuoksi. Testauksissa selvisi myös ettei pelkkä tutkittavan mekaniikan ohjeistus riitä yksinään, vaan saatetaan tarvita myös muiden mekaniikkojen tutoriaalit. Huomattiin myös että VR-ohjaimen useita painikkeita painettiin samanaikaisesti, kun testaaja yritti käyttää teleporttausmekaniikkaa. Kaikkien kokemattomien testaajien mielestä teleporttauksen tutoriaali oli riittävä. Tästä voidaan päätellä, että opinnäytetyössä toteutetut tutoriaalit olivat riittäviä. Testituloksia ei voida pitää kovin luotettavina testaajien vähäisen määrän vuoksi. Asiantuntijoiden testaustallenteista ja kyselytutkimuksista saatiin selville seuraavaa. Asiantuntijat testasivat vain kerran pelin eri versioita. Osa asiantuntijoista kiinnitti huomionsa ainoastaa vähän tai ei ollenkaan tutkittaviin tutoriaalielementteihin. He kertoivat, että videotutoriaali (CF3) oli testattavista tutoriaaleista paras. Pahin mahdollinen tutoriaali olisi heidän mielestään olla opettamatta mekaniikkaa ollenkaan tai laittaa käyttäjä lukemaan valvat määrät tekstiä kerralla. Parhaaksi tutoriaaliksi ehdotettiin CF3-version kaltaista tai sellaista, joka maalaa käytettävät näppäimet VR-ohjaimesta. Myös ääniohjeistusta ja asteittaista tutoriaalia ehdotettiin. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyöhyntää mahdollisten jatkotutkimusten kehitystyössä. Työssä saatuja tuloksia voidaan varauksella myös hyödyntää, kun suunnitellaan tutoriaalia VR-sovellukselle. Työtä voitaisiin jatkokehittää luomalla lisää tutkittavia tutoriaalityyppejä. Esimerkki uudesta tutoriaalityypistä olisi luoda ihan erillinen interaktiivinen tutoriaali, joka opettaisi käyttäjää asteittain.

LÄHTEET

- [1] Pelimekaniikka 2010. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.6.2020 <https://wiki.metropolia.fi/display/~m0502452/Pelimekaniikka>.
- [2] Borawska, A.; Borawski, M. & Łatuszyńska, M. 2018. The Concept of Virtual Reality System to Study the Media Message Effectiveness of Social Campaigns. Viitattu 4.12.2019 <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S1877050918314133>.
- [3] Ojala, J. 2018. Vuorovaikuttaminen videopeleissä ja virtuaaliodellisuudessa. Opinnäytetyö. Tieto- ja viestintäteknikka. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.12.2019 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/151159/Ojala_Jami.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [4] VirtualTraveller N.d. Wazzup Oy. Viitattu 3.3.2020 <https://virtualtraveller.com/about>.
- [5] Yu, M.; Zhou, R.; Wang, H. & Zhao, W. 2018. An evaluation for VR glasses system user experience: The influence factors of interactive operation and motion sickness. Viitattu 15.6.2020 <https://www-science-direct-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0003687018302850>.
- [6] Valve Index Base Station N.d. Valve Corporation. Viitattu 11.6.2020 https://store.steampowered.com/app/1059570/Valve_Index_Base_Station/.
- [7] Impeccably designed for VR versatility. N.d. HTC Corporation. Viitattu 15.6.2020 <https://www.vive.com/us/product/vive-cosmos/features/>.
- [8] Manus Prime II N.d. Manus VR. Viitattu 19.5.2020 <https://manus-vr.com/optitrack-motion-capture-gloves/>.
- [9] Vive ready computers N.d. HTC Corporation. Viitattu 12.5.2020 <https://www.vive.com/us/ready/>.
- [10] Varjo VR-2 Pro N.d. Varjo Technologies Oy. Viitattu 22.5.2020 <https://varjo.com/products/vr-2-pro/>.
- [11] Li, Y.; Huang, J.; Tian, F.; Wang, H. & Dai, G. 2018. Gesture interaction in virtual reality. Viitattu 15.6.2020 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096579619300075>.
- [12] Caglar, Y. 2019. Cybersickness during VR gaming undermines game enjoyment: A mediation model. Viitattu 15.6.2020 <https://www-science-direct-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0141938219300137>.
- [13] Buckley, S. 2016. Why 'teleportation' makes sense in virtual reality. Viitattu 15.6.2020 https://www.engadget.com/2016-10-07-why-teleportation-makes-sense-in-virtual-reality.html?guccounter=1&guce_referrer.
- [14] Boletsis, C. & Cedergren, J. 2019. VR Locomotion in the New Era of Virtual Reality: An Empirical Comparison of Prevalent Techniques. Viitattu 15.6.2020 <https://www.hindawi.com/journals/ahci/2019/7420781/>.
- [15] Technical Specifications of Varjo Headsets N.d. Varjo Technologies Oy. Viitattu 8.12.2019 <https://varjo.com/products/>.
- [16] Virtual Reality Analytics Terminology N.d. Motion Brothers. Viitattu 8.12.2020 <http://www.vrglossary.org/vr-analytics/>.
- [17] Kurbatov, V. 2019. 10 Rules of Using Fonts in Virtual Reality. Viitattu 1.12.2019 <http://vovakurbatov.com/articles/10-rules-of-using-fonts-in-virtual-reality>.