



VILLE-MATTI LÖYTÖLÄ

Interaktiivinen Virtuaalikierros

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2023

Tekijä(t) Löytölä Ville-Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 05 2023
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Interaktiivinen virtuaalikierros		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa verkkosivut, joiden avulla voisi tutkia erilaisia interaktiivisia virtuaalitodellisuus näkymiä. Tavoitteena oli rakentaa käyttäjälle sylinterimäinen näkymä, jota voisi siirrellä hiiren avulla ja siirtyä seuraavaan näkymään. Tätä toiminnallisuutta kutsutaan interaktiiviseksi virtuaalikierrokseksi. Päätaavoitteena oli projektin toteuttamisen haasteiden kuvaaminen ja tutkiminen. Toteutus oli myös luotava dynaamiseksi, joka mahdollistaa tekniikan käytön muissa projekteissa.</p> <p>Toteutuksessa käytettiin Reactia ja React-nativea, joissa React on JavaScript kirjasto. Tämä käyttää komponentteja ja tiloja hyväkseen. Kyseiset asiat ovat olleet nousussa tietotekniikka alalla ja näin ovat tärkeitä asioita hallita. Pääkirjaston myötä piti löytää myös tekniikka, joka mahdollistaisi virtuaalitodellisuuden kirjoittamisen ja tämä oli React-Vr ohjelmistokehys. Myöhemmin huomattiin uusimman version vaihtaneen nimeä React-360. Tähän siirryttäessä huomattiin, ettei kyseistä ohjelmistokehystä olla hetkeen päivitetty ja tämä oli viimeksi päivitetty 2018. Tämän vanhan version takia tuli paljon virheitä vanhentuneiden tekniikoiden myötä. Työ vei yllättävän paljon aikaa, mutta lopulta se saatiin valmiiksi.</p> <p>Yksinkertaiset virtuaalisivut saatiin tehtyä ja myöhemmin parannettua toiminnallisuutta ja sivuston ilmettä. Koska kyseistä kirjastoa ei ole päivitetty pitkään aikaan, uusien tekniikoitten käyttäminen oli hankalaa ja sen takia sivuston pohja ensin näytti hyvin vanhalta.</p>		
Asiasanat Virtuaalimaailma, virtuaalitodellisuus, verkkosivut		

Author(s) Löytölä Ville-Matti	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 05 2023
	Number of pages 27	Language of publication: Finnish
Title of publication Interactive virtual tour		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
<p>The purpose of the thesis was to design and implement website that could be used to explore different interactive virtual reality perspectives. The goal was to build a cylindrical view for the user that could be moved with the mouse and navigate to the next view. This functionality is called an interactive virtual tour. The main goal was to describe and investigate the challenges of implementing functionality of this project. One of the main goals was also that project had to be dynamic, which enables the use of the functionality of this project in other projects.</p> <p>The implementation used React and React-native, where React is a JavaScript library. This takes advantage of components and states. Along with the main library, we also had to find a framework that would enable writing virtual reality, and this was the React-Vr framework. Later it was noticed that the latest version changed its name to React-360. When moving to this, it was noticed that the framework in question had not been updated for a while and had its latest updates in 2018. Because of this older version, there were a lot of errors due to outdated technologies. The work took a surprisingly long time, but in the end, it was finished.</p> <p>Simple website was made and later the functionality and appearance of the site was improved. Since the library in question has not been updated for a long time, using the new technologies was difficult and because of that the site looked very old at first.</p>		
Key words Virtual Reality, websites		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VIRTUAALITEKNIIKAN HISTORIA.....	8
3	INTERAKTIIVINEN VIRTUAALIKIERROS	9
3.1	Aiheen sisällön valinta.....	9
3.2	Ohjelmistokehyksen valinta.....	10
3.3	Pohjan rakenne.....	13
3.3.1	Dynamiikan luonti.....	14
3.4	Versiohallinta.....	16
3.5	360-Panoramakuvat	17
3.5.1	Solmupiste	18
3.5.2	Ricoh Theta SC2.....	21
4	REACT-360.....	21
4.1	Node.js	21
4.2	React-VR ja React-360 ohjelmistokehys.....	22
4.3	Surge	22
5	VERKKOSIVUN PROJEKTIN LUONTI.....	23
6	YHTEENVETO	26
7	LÄHTEET	27

LIITTEET

SYMBOLI- JA LYHENNELUOTTELO

JSON	JavaScript Object Notation on tiedostomuoto tiedonvälitykseen.
VR	VR- lyhenne juontuu englannin kielen sanoista virtual reality, joka tarkoittaa virtuaalitodellisuutta.
HTML	HyperText Markup Language
NPM	Node Package Manager

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet ovat viime aikoina saaneet huomattavasti julkisuutta johtuen teknisistä edistysaskelista edullisten virtuaalilasien saralla. Virtuaalitodellisuusteknologian käyttö ei ole kuitenkaan yleistynyt laajasti, ja vielä ei ole olemassa virtuaalitodellisuuden läpimurto-sovellusta. Eräs syy tälle tilanteelle voi olla virtuaalitodellisuuden ohjelmistokehityksen vaikeus, ja siihen kuuluvat erityisongelmat. (Tuukka M. Takala, 2017)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on virtuaalitodellisuustekniikalla (VR) tehtyjen verkkosivujen rakentaminen ja näiden rakenteiden haasteiden kuvaaminen. Verkkosivujen vähimmäistavoitteena on pystyä havainnollistamaan ja tutustuttamaan käyttäjät uusien tiloihin ja paikkoihin. Kyseistä tekniikka käytetään paljon museoiden, festivaalien ja muiden mielenkiintoisten kohteiden esittelyssä. Koska opinnäytetyöllä ei ollut yritysyhteistyö kumppania, sen tavoitteena oli tekijän tietotaidon ja osaamisen parantaminen.

Virtuaalitodellisuuden käyttö on yleistynyt ja suosio kasvanut. Kehittämiseen ovat pannotaneet isot yhtiöt, kuten Facebook, Google, Microsoft, Samsung ja Sony. Nämä kyseiset yhtiöt ovat kehittäneet lisättyä todellisuutta ja virtuaalitodellisuutta, käyttäen paljon rahaa kyseisiin tekniikoihin. Tämä on johtanut virtuaalitodellisuus painotteisen viihteen ja sovelluksien lisäämiseen eri aloilla. Korona aikana rajoitettiin lähikontaktien ylläpitoa, mikä lisäsi vielä enemmän VR-tekniikalla toimivien sovelluksien ja kokonaisuuksien kehittämistä. (roadtovr).

Opinnäytetyössä käytetään React-kirjastoa, joka on kirjoitettu JavaScript kielelle. Kirjaston komponenttirakenteisuuden avulla pystytään luomaan helposti ja nopeasti erilaisia kokonaisuuksia, kuin myös moni tekniikka on näistä syistä siirtynyt suosimaan komponenttirakenteisuutta. Kyseisten syitten takia React-kirjasto valittiin. Kirjaston avulla tekijän ei tarvitse tehdä aivan kaikkia toiminnallisuuksia itse, vaan ne ovat valmiita kokonaisuuksia kirjastossa. Opinnäytetyö myös syventyy React-VR ohjelmistokehykseen, joka on Reactin päälle rakennettu ohjelmistokehys. Tämä helpottaa VR-

tekniikan tuontia alustalle, samanlaisella tavalla kuin kirjasto, mutta kyseessä on pienempi kokonaisuus. Ohjelmistokehys tarkoittaa ohjelmistotuotetta, joka muodostaa rungon, jonka päälle rakennetaan pääohjelma. Ohjelmistokehys on ohjelmoinnin apuväline, jonka tarkoituksena on nopeuttaa uusien ohjelmistotuotteiden valmistusta. Kehys tarjoaa valmiiksi rakennettuja tietokoneohjelman osia, joita ei tarvitse kirjoittaa uudelleen ohjelmistokehityksen aikana. Tämä nopeuttaa kehitystyötä huomattavasti. Tavallisesti ohjelmistokehystä ei voi käyttää sellaisenaan suoritettavana ohjelmana, vaan varsinainen toimiva lopputuote saadaan aikaan rakentamalla uusi ohjelma kehysten päälle. Kirjastolla on taas vapaampi rakenne kuin ohjelmistokehyksellä ja kirjastolla on kuin rakentaisi talon alusta loppuun ja ohjelmistokehys on kuin ostaisi valmiin talopakettin. (interviewbit). Projektin loppupäässä siirryttiin React-360:een, joka on uudempi versio React-VR:stä. Molemmat ovat Facebookin rahoittamia hankkeita, jotka ovat olleet jäädytettyinä muutaman vuoden. Muutamassa vuodessa paketteja päivitetään hyvin paljon ja on tietotekniikassa pitkä aika. Tämän takia kyseinen kirjaston käyttäminen aiheutui paljon korjattavia virheitä. Virheiden kuvaaminen on yksi päätavoitteista opinnäytetyössä. Virtuaalitodellisuus pohjaisia verkkosivuja varten tehtyjä ohjelmistokehyksiä tai kirjastoja ei ole kauhean monta. Isoimmat nimet olivat A-frame, WebVR, Primrose, React-360 ja ArgonJS

Lisäksi opinnäytetyössä käydään laajasti lävitse 360-kuvien ottamisesta, koska kyseinen asia loi isoja haasteita projektin alussa. Panoraama-kuva, 360-kuva, VR kuva, pallomainen kuva, interaktiivinen panoraama, näillä kaikilla tarkoitetaan kuvaa, jossa näkyy 360 astetta kameran ympärille. Tämä saadaan aikaseksi käyttäen sille tarkoitettua kameraa tai järjestelmäkameraa. Järjestelmäkameralla tarvitsee käyttää erilaisia tekniikoita, kun taas sille soveltuvalla kameralla tarvitsee vain ottaa yksi kuva. Kuva1 on otettu Ricoh Theta SC2:sella, joka on aktiivikamera. Aktiivikameralla pystyy ottamaan 360-kuvia.



Kuva 1. Rhodoksen luontokuva.

2 VIRTUAALITEKNIIKAN HISTORIA

Virtuaalitodellisuudella (VR) tarkoitamme mahdollisimman todentuntoista kuvaa maailmasta, joka näyttää aisteillemme hyvin samalla tavalla kuin havaitsemme todellisen maailman tai fyysisen todellisuutemme. Virtuaalitodellisuuden tavoitteena on saada aivot vakuuttuneiksi luodun maailman aitoudesta. Aivojen vakuuttamiseksi tietokonesimulaatio seuraa osallistujan liikkeitä ja säätelee sensorista näyttöä tai näytötavalla, jonka antaa tunteen simulaation läsnäolosta tai käyttäjän uppoutumisesta virtuaalimaailmaan. Virtuaalitodellisuus antaa mahdollisuuden käyttäjälle uppoutua virtuaalitodellisuuteen ja näin osallistua siihen fyysisesti. (Alan B. Craig, 2009, ss. chapter 1, 1.1 Johdatus virtuaalitodellisuuteen)

Virtuaalitodellisuudella ihmiset voivat jakaa ideoita ja kokemuksia. Kokemus kuvaa hyvin osuvasti osallistumista virtuaalitodellisuuteen. Tämän kokemuksen maailma, jonka kanssa osallistuja todistaa ja jonka kanssa hän on vuorovaikutuksessa, kutsutaan virtuaalimaailmaksi. Virtuaalimaailma sanaa voidaan myös käyttää muissakin medioissa. Sitä käytetään esimerkiksi kuvaamaan muun median sisältöä, kuten romaaneihin, elokuvaan ja muihin viestintäkäytäntöihin. (Alan B. Craig, 2009, ss. chapter 1, 1.1 Johdatus virtuaalitodellisuuteen)

Kun puhutaan virtuaalitodellisuudesta ympäristön simulointina, jonka avulla käyttäjä voi kokea ulkopuolisen tapahtuman tai paikan kuin missä hän todellisesti on. Lentosimulaattorit ovat varhaisempia esimerkkejä tästä mediassa. Nämä lentosimulaattorit ovat 1970-luvun alusta, jotka perustuivat interaktiivisiin tietokonenäyttöihin, joilla luotiin virtuaalitodellisuus käyttäjän ympärille. Aikaisemmat lentosimulaattorit käyttivät mekaanisia tekniikoita, kuten mekaanisesti ohjattuja mittarinäyttöjä, jotka ohjasivat lentäjän ohjaimia. Näillä saatiin luotoa tunnelma, että lentävä ohjaisia oikeasti lentokonetta ja näin hän pystyi tutustumaan lennonohjaimiin ja näyttöihin ennen oikeaa lentoa. (Alan B. Craig, 2009, ss. chapter 1, 1.2 VR:n alku)

Myöhemmin ohjattiin näyttöihin videokameran liikettä pienoismallien ylitse, jolla luotiin uppoamisen tunnetta käyttäjälle. Osalta tämä täyttää virtuaalitodellisuuden kriteerit, mutta nämä lentosimulaattorit eivät olleet yleiskäyttöisiä ympäristöjä. Jokaiselle erilaiselle lentosimulaattorille oli rakennettava uusia maastomalleja ja simuloitava ohjaimet. Myöhemmin tietokonegrafiikan ja uusien näyttötekniikoiden tultua käyttöön pystyttiin yleistämään lentosimulaattori mallit. (Alan B. Craig, 2009, ss. chapter 1, 1.2 VR:n alku)

3 INTERAKTIIVINEN VIRTUAALIKIERROS

3.1 Aiheen sisällön valinta

Opinnäytetyön sisällön aiheena on luonto. Korona aikana on ihmisten sisätiloissa viettänyt tämä aika lisääntynyt ja tavoitteena on tuoda maailman luonto sisätiloihin VR-muodossa. Luontokuvissa ei tarvitse miettiä yksityisyyden suojaa, koska niissä ei näy muita ihmisiä tai ihmisten omistamia asioita. (minilex)

Kuvien korvaaminen ja vaihtaminen on helppoa, mikä mahdollistaa osaamisen ja tekniikan myynnin eteenpäin. Opinnäytetyön päämäärinä oli verkkosivujen toiminallisuuden määrittäminen, toiminnallisuuden toteutuminen ja näitten kuvaaminen. Toiminnallisuuden yhtenä päämääränä on verkkosivujen toimiminen kännykällä ja mahdollisimman monella selaimella optimoidusti. Toisena päämääränä oli verkkosivujen toiminen 360-kuvien kanssa ja toiminnallinen mahdollisuus navigoida erilaisiin näkymiin. Nämä päämäärät olivat pakollisia toiminallisuuksia ja toissijaiset toiminnallisuuksina oli verkkosivujen graafinen ulkoasu. Opinnäytetyöllä ei ollut yritysysteistyökumppanuutta ja valmista tuotetta ei ollut tarkoitettu jakamista varten vain ainoastaan toiminnallisuuden ja konseptin esittämistä varten.

3.2 Ohjelmistokehityksen valinta

Suurimmat nimet olivat A-frame, WebVR, Primrose, React-360 ja Argon.js.

- A-frame:n on rakentanut firefoxin kehittäjätiimi ja se toimii jopa pelkästään html pohjan avulla.
- WebVR toimii hyvin monessa erilaisessa selaimessa, mutta vaatii VR-lasit.
- Primrose on tehty ajatellen mahdollisimman laajalti tukea erilaisiin VR-laseihin. Primrosen luo html-canvas elementtinä renderöidyn virtuaalitodellisuuden. Html-canvas elementti on osa html5:sta ja sillä pystyy renderöimään pinnalle 2D esineitä (javatpoint). HTML5 on vanhan tutun HTML-kielen viimeisin versio. HTML on merkintäkieli, johon pohjautuu suurin osa maailman web-sivuista. HTML5 on paranneltu versio vanhasta kielestä, ja se sisältää monia uusia ominaisuuksia, jotka helpottavat ja laajentavat web-kehityksen mahdollisuuksia. (kanava.to). Primrosen peruskonseptina on luoda ympäristö, joka kietoutuu standardi three.js näkymän ympärille. Tämä ympäristö hallitsee yleisiä vuorovaikutuksia käyttäjän ja ympäristön välillä. (uiuxlab, 2023) (github/Primrose, 2023).
- React-360, on React kirjaston päälle rakennettu ohjelmistokehitys. React-360 on luotu sitä varten, että pystytään luomaan interaktiivisia virtuaalitodellisuus kokemuksia erilaisille selaimille. React-360 tavoitteena on yksinkertaistaa virtu-

aalitodellisen sovelluksien kehittämistä erilaisille alustoille. React-360 on Facebookin rahoittama hanke ja näin on myös paljon ollut julkisuudessa. (github/react-360).

- Argon.js, on lisättyä todellisuutta hyväksi käytävä ohjelmistokehys. Lisätty todellisuus on idea sekoittaa virtuaalitodellisuutta oikean todellisuuden kanssa. Tämä saadaan aikaseksi sekoittamalla todellisuuteen grafiikkaa tai ääntä. Argon.js on luotu yksinkertaistamaan sovelluksien luontia iOS pohjaisille verkkoselaimille. (argonjs). iOS on Applen kehittämä käyttöjärjestelmä, joka on käytössä Applen iPhone-, iPod Touch-, iPad- ja Apple TV -laitteissa. iOS perustuu Darwin BSD-käyttöjärjestelmään ja joihinkin Mac OS X -jakelun komponentteihin. Apple julkaisi käyttöjärjestelmän ensimmäisen version kesäkuussa 2007. (wikipedia/iOS, 2023).

Vaikuttavin tekijä ohjelmistokehysten valintaan oli toimivuus mahdollisimman monella alustassa ja selaimessa. Tämä rajasi pois Argon.js, joka on tehty iOS käyttöjärjestelmän laitteille. Myös Web-VR on rajoitettu käytettäväksi vain VR-laseilla. Projekti haluttiin toimivaksi verkkosivuilla ja VR-laseissa toimivuus ei ollut priorisoitu. Web-VR:llä pystyi ainoastaan käyttämään VR-laseilla ja näin rajoitti liikaa. Tästä syystä rajattiin pois ehdokkaista. A-Frame ja Primrose ovat pohjiltaan hyvin yksinkertaisia ja pohjautuvat JavaScriptiin ja HTML5 elementteihin. Tekijän tietotaidon parantaminen oli yksi päätavoite opinnäytetyöllä, josta johtuen rajattiin pois A-Frame ja Primrosen harkinnoista. Näistä syistä valittiin React-VR.

Renderöintikirjastot muuntavat maailman muodon tietokoneen sisäisestä tietokannasta käyttäjän kokemaksi. Grafiikkarenderöintikirjastoista tuotetut visuaaliset kuvat ovat ehkä yleisimpiä tämän luokan ohjelmistoista; kuitenkin tällaisia kirjastoja on kehitetty (ja käytetty VR:ssä) myös muille aisteille, kuten kuulolle ja kosketukselle.

Nämä kirjastot sisältävät yleensä ominaisuuksia, jotka renderöivät "kohtauksen" peruselementit, sekä ominaisuuksia, jotka rikastavat näyttöä. Esimerkiksi tyypillisessä grafiikkakirjastossa sen lisäksi, että ohjelmoijalla on mahdollisuus renderöidä perusmuotoja määrittämällä polygonien kärjet ja värit, se voi myös lisätä valaistuselementtejä ja peittää valokuvia monikulmioiden päälle, jotta ne näyttävät realistisemmilta.

Tällaiset kirjastot voivat myös tukea korkeamman tason graafisia toimintoja, kuten hierarkkisia objektikuvauksia ("kohtauksia") ja törmäysten havaitsemista.

(Alan B. Craig, 2009, ss. chapter 1, 1.5.2.2 renderöintikirjastot)

React-VR on ohjelmistokehys sovellukselle. Ohjelmistokehysten pääsääntöinen tehtävä on toimia kuten edellisessä kappaleessa kuvattu renderöintikirjasto. Luoda näkymä projektin tiedostoista, jotka ovat tietokoneen tietokannassa.

Verkkosivuston pakolliset toiminnallisuudet ovat, toimivuus selaimessa ja virtuaalitoimivuuden toimivuus selaimessa. Näitten toiminnallisuuksien lisäksi on tarpeellista testata toiminnallisuus puhelimen selaimessa, mutta kyseistä toiminnallisuutta ei nähty pakollisena. Puhelimen selaimen toimivuus luo lisävaikeuksia. Selaimessa käytetään hiirtä näkymän liikuttamiseen, kun taas puhelimesta käytetään kosketusnäyttöä näkymän liikuttamiseen ja muihin vuorovaikutuksiin. Puhelimen toimivuuden takaamiseksi on kosketusnäytön toimittava sovelluksessa, jotta pystytään liikkumaan eri näkymiin ja nappuloiden toimivuuden takia. Näitten vaatimuksien takia valitsin React-VR, joka käyttää React ja React-native kirjastoja. React on erikoistunut verkkoselainten sovelluksien luontia varten. React-Native on erikoistunut puhelinsovelluksia varten. React-VR tuo molempien hyötypuolet yhteen pakettiin. Näin sovellus toimii erilaisissa selaimissa ja myös puhelimen kosketusnäytöllä. Ohjelmistokehys oli vaihtanut nimeä 2018 ja uuden ohjelmistokehysten nimi oli React-360. Siirryttiin käyttämään uusinta versiota kehityksen alkuvaiheilla. React-360 kirjasto on päivitetty viimeksi 2020, jonka takia uudempien verkkoselainten kanssa toimivuus oli vaarantunut, toimivuuden takaamiseksi täytyi asentaa WebVR Polyfill kirjasto. Tietotekniikassa kehitetään uusia toimivuuksia ja parannuksia koko ajan, tämän takia on hyvä käytäntö käyttää uusinta vakaata versiota kirjastoista ja ohjelmistokehyksistä, nämä toimivuudet ja parannukset voivat vaarantaa ja rikkoa yhteensopivuuksia kirjastojen välillä. Uusin toteutus React-360:sta on julkaistu 2020, mikä tietotekniikka maailmassa pitkä aika. Tämän takia kehittämisessä oli paljon uusia haasteita, joita kuvataan oppinäytetyössä.

3.3 Pohjan rakenne

Suunnitelma oli rakentaa interaktiivinen virtuaalikierros. Kyseistä tekniikka on paljon käytetty esimerkiksi museoissa (Louvren virtuaalikierros (<https://www.louvre.fr/en/online-tours>)). Pohja rakennetta miettiessä on hyvä tarkistaa muitten valmiista kokonaisuuksista virheitä ja hyviä valmiita ominaisuuksia, mitä voi käyttää oman pohjan rakenteessa ja näin oppia niistä.

Värimaailmassa päädyttiin hyvin korostaviin väreihin. Verkkosivut luotiin opinnäyte-työtä varten ja ylikorostetut värit näin näkyvät paremmin pienissä kuvissa.

Navigointi pohjan rakenteessa päädyttiin yksinkertaiseen pohja rakenteeseen ja helposti toistettavaan muotoon. Ensimmäisenä on aloitussivu, josta navigoidaan kohteitten sivuille. Aloitussivulla nähdään mahdollisten kohteiden nimet ja yleistietoa kohteista. Kuvassa 2 nähdään verkkosivujen aloitussivu. Punaisella korostettu alue kuvaa valmiiden kohteiden nimiä, joita klikkaamalla navigoidaan klikattuun kohteeseen. Klikkaamisen jälkeen näkymä vaihtuu, jolloin luodaan näkymä uudesta valitusta paikasta. Tämä näkymä koostuu infopaneeleista, matkustamispaneelistä ja yleisvalinta-paneelistä. Matkustamispaneelistä voidaan mennä takaisin vanhaan kohteeseen ja valitsemalla aloitussivu palataan aloitussivulle.

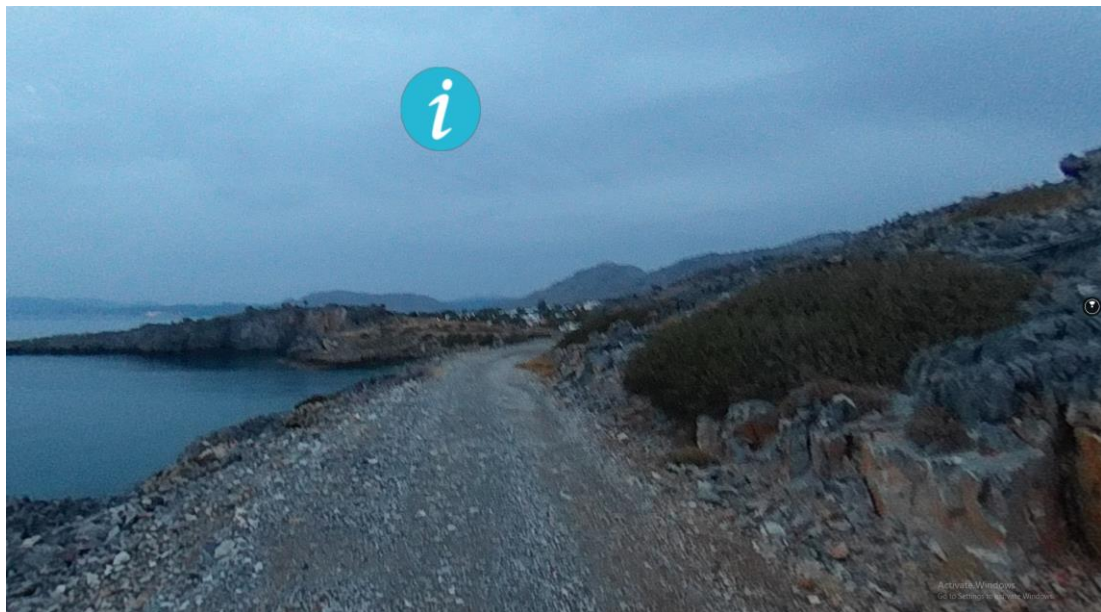
Myöhemmin lisättiin ominaisuus ääniraidalle. Ääniraita luo mahdollisuuden taustamusiikille tai kommenttiraidan lisäämisen kohteeseen. Ääniraita alkaa pyörimään automaattisesti ja voidaan mykistää matkustamis- ja yleisvalinta-paneelistä. Verkkosivujen toteuttamasta matkustamis- ja yleisvalinta-paneelistä Kuva 3 nähdään edellä mainitut toiminnallisuudet.



Kuva 2. verkkosivujen aloitussivu.



Kuva 3. verkkosivujen matkustamispaneeli.



Kuva 4. verkkosivujen yleisnäkymä kohteesta.

3.3.1 Dynamiikan luonti

Hankalin asia projektissa oli tilojen dynaamisen rakenteen luominen. Tämä haluttiin toteuttaa niin, ettei missään vaiheessa kehitystä tarvitse suoraan koodata tietoja eri ti-

loista ylätasolla olevaan paneeleitten määrittelyyn. Ylätasossa määritetään paneeleitten rakenteet, kuten missä kohtaan paneelia halutaan kuvan tai tekstin olevan. Ylätasolla ainoastaan määritellään haluttujen elementtien koko ja paikka. Elementtinä voi olla teksti, kuva, nappula ja muita HTML-elementtejä. Näin voidaan käyttää ylätason paneeleita hyvin laajasti ja dynaamisesti kaikkialla, eikä tarvitse luoda uutta paneelia jokaista näkymää kohden. Tämän avulla voidaan helposti määrittellä uusia tiloja, joka helpottaa käyttöä tilojen muuttuessa.

Dynamiikan luonnissa tärkeintä on alatasen datatiedoston luominen ja sen muodosta päättäminen. Alatasen datatiedosto määrittää sisällön paneeleissa. Koodauksessa käytetään JavaScriptiä, jonka takia datatiedoston muoto on JSON. Muoto määrittää miten tiedostoa luetaan ja tietokone tunnistaa tästä, miten sitä luetaan. (support.microsoft). Datatiedoston avulla pystytään määrittelemään uudet tilat ja sen viereiset tilat. Datatiedoston avulla sovellus osaa rakentaa näkymän. Tämä mahdollistaa myös toiminnallisuuden, jossa ainoastaan datatiedostoa muuttamalla virtuaalikierrokselle muodostuu uusia reittejä.

Kuva 5 edustaa datatiedostoa. Kuvassa näkyy yhden kohteen tiedot. Paikan nimi on kohdassa "placeName" ja myös ylimpänä, jonka mukaan pystytään etsimään kyseinen kohta. Kohta "mainInfo" objektissa kertoo, mitä halutaan Kuvan 3. edustamaan matkustamispaneeliin tekstin tiedoksi. Kohta "adjacentPlaces" kertoo mitä kohteita löytyy kyseisen kohteen vierestä. Kohta "info" kertoo infopaneelien tekstit ja kuvan tiedot. Tämä annetaan objektina eteenpäin ja näin osaa piirtää näkymän tilasta. Objekti on yksi Javascriptin perus datamuodoista. Tämä luodaan aaltosulkeiden sisään, joissa ensin on objektin avain ja sen jälkeen datan tieto. (Mark Baartse, 2001)

```
PorinMetsä: {
  placeName: 'PorinMetsä',
  mainInfo: `
    Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.
    Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.
    Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.
    Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.
  `,
  adjacentPlaces: ['Luontopolku', 'Landingpage'],
  info: [
    {
      text: 'jaaha ollaan porin metsässä',
      img: 'info.png',
    },
    {
      text: 'semmosta',
      img: 'info.png',
    },
    {
      text: 'asd',
      img: 'info.png',
    },
    {
      text: 'vittu',
      img: 'Porin_huone1.jpeg',
    },
  ],
}
```

Kuva 5. datatiedoston rakenteesta kuva.

3.4 Versiohallinta

Versiohallinnalla turvataan versioitten tallentaminen ja jakaminen toisille tahoille. Versiohallinta auttaa, jos sovelluksessa tulee toimivuutta vaarantavia virheitä. Vaarantavan virheen ilmettyä voidaan palata aiempaan toimivaan versioon ja poistaa vaarantavat tekijät projektista. Versiohallinta seuraa muutoksia tiedostoissa ja tallentaa kyseiset muutokset eri versioihin. Versiohallinta sovelluksena oli Git. Git on ilmainen ja avoin lähdekoodi sovellus, se on myös todella vanha ja hyvin toimiva, myös hyvin tunnettu ja virhetilanteissa helppo löytää vastaus virheeseen. (git-scm). Gitin eri versioista puhutaan haaroina, haarat ovat kuin puun oksisto.

Haaroja voi ylläpitää lokaalisti koneelle tai verkkosivuille. Tällaisia verkkosivuja ovat Bitbucket tai Github. Github ja Bitbucket tarjoaa käyttöliittymän sekä tallennuskapasiteettia Gitillä hallittuihin tietovarastoihin. Projekti perustettiin Githubin tarjoamille verkkosivuille. Github valittiin helppouden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Githubin käyttöliittymä on verkkoselain sivut ja sieltä pystyy päivittämään ja muokkaamaan haluttuja haaroja ja projekteja. Käyttöliittymällä käyttäjä pystyy vuorovaikuttamaan haluttuun palveluun. Sieltä voidaan hakea projektin tiedostot eri tietokoneille. Tämä helpottaa hyvin paljon projektin kehittämistä, kun projekti ei ole tietokone kohtainen, myös helpottaa projektin jakamista eri ihmisille tai myöhemmin kyseisen projektin käyttöönottoa. Vaikka kyseisen projektissa oli vain yksi henkilö, kuitenkin oli GitHubista paljon hyötyä projektin aikana. Projektin alkuvaiheissa asentui väärä paketteja ja Reactin uusien käytäntöjen takia tehtiin vaarantavia virheitä, mutta versiohallinnan avulla pystyttiin pelastamaan projekti, eikä tarvinnut käyttää monta päivää virheen etsimiseen. Projektia on kehitetty monella erilaisella tietokoneella ja tämän myötä myös versiohallinta oli suuressa roolissa. Tämän myötä ei tarvinnut aina tarkistaa, että kaikki tietokoneet olivat päivittyneet uusimpaan versioon projektista, vaan pystyttiin Git versiohallinnan kautta päivittämään uusimpaan versioon. (git-scm)

Git komennot yrittävät tehdä halutun toiminnon, jonka takia käyttäjä pohjaiset virheet voivat aiheuttaa vaarantavia virheitä versiohallinnan käytössä. Tämän takia Git versiohallinnan käytössä tarvitsee olla hyvin tarkka ja tietää mitä komennot tekevät. Aina kuitenkin pystyy palaamaan tarpeeksi takaisinpäin näin välttämällä myös versiohallinnan käytössä aiheutuneet virheet. Git-hakemisto on täysimittainen arkisto, jossa on täydellinen versio historia ja täydet versionseurantaominaisuudet, riippumatta verkkoyhteystiestä tai keskuspalvelimesta. Tämä mahdollistaa eri haarojen korjauksen. (git-scm)

Git on ilmainen ja avoimen lähdekoodin ohjelmisto.

3.5 360-Panoramakuvat

Hankalin toiminnallisuus oli 360-panoramakuvien ottaminen. Opinnäytetyöllä ei ollut toimeksiantajaa ja tämän takia haluttiin välineitten kulut minimoida. Alussa otettiin kuvia järjestelmäkameralla ja kalansilmäobjektiivilla, mutta kyseinen tekniikka vaatii hyvin tarkkaa säätöä ja kalliita välineitä. Ongelma tuli vastaan, kun nidontaohjelmat eivät pystyneet tunnistamaan kuvien välistä yhteyttä ja näin sitomaan kuvia toisiinsa luoden 360-kuvan. Tämä johtui siitä, että solmupisteen löytäminen halvoilla välineillä oli melkein mahdotonta. Tämän takia päädyin ostamaan Ricoh Theta SC2, 360-aktiivikamera. Kuvien laatu ei ollut yhtä hyvä, kuin järjestelmäkameralla otetuilla, mutta helpotti kuvaamista huomattavasti. Panoraamapään ostaminen järjestelmäkameraan olisi ollut kalliimpaa, kuin Ricoh Theta SC2:en ostaminen. Järjestelmäkameran käyttäminen kuvien ottamista varten olisi vaatinut kalansilmäobjektiivin hankkimista.

Kalansilmäobjektiivilla otetuista 360-kuvista pitää ottaa kuvat yhdessä horisontaalissa linjassa 25-asteen erissä toisistaan ja myös kuvauskohteen maasta ja taivaasta. Ilman kalansilmäobjektiivia järjestelmäkameralla otetuista 360-kuvista pitäisi ottaa horisontaalisten kuvien lisäksi vielä vertikaalisesti 35 asteen kulmissa, mikä olisi nelikertaistanut kuvien tarpeen yhdestä kuvauskohteesta. Theta osaa tehdä tämän kaiken yhdellä otolla ja näin helpottaa merkittävästi kuvien ottamista. Yhteen 360-asteen kuvaan vaaditaan monta järjestelmäkameralla otettua kuvaa ja aktiivikameralla riittää yksi kuva. Ero kuvien määrässä vaikuttaa merkittävästi kuvien laatuun, jonka takia aktiivikameralla otettujen kuvien laadussa merkittävä ero järjestelmäkameralla otetuihin. Opinnäytetyöllä ei ollut yritysysteistyötä. Sen vuoksi ei myöskään kuvien parhaan laadun takaaminen ollut tarpeellista. Aktiivikameralla otettujen kuvien laatu oli riittävä, koska opinnäytetyön päätavoitteena oli konseptin toimivuuden näyttäminen.

3.5.1 Solmupiste

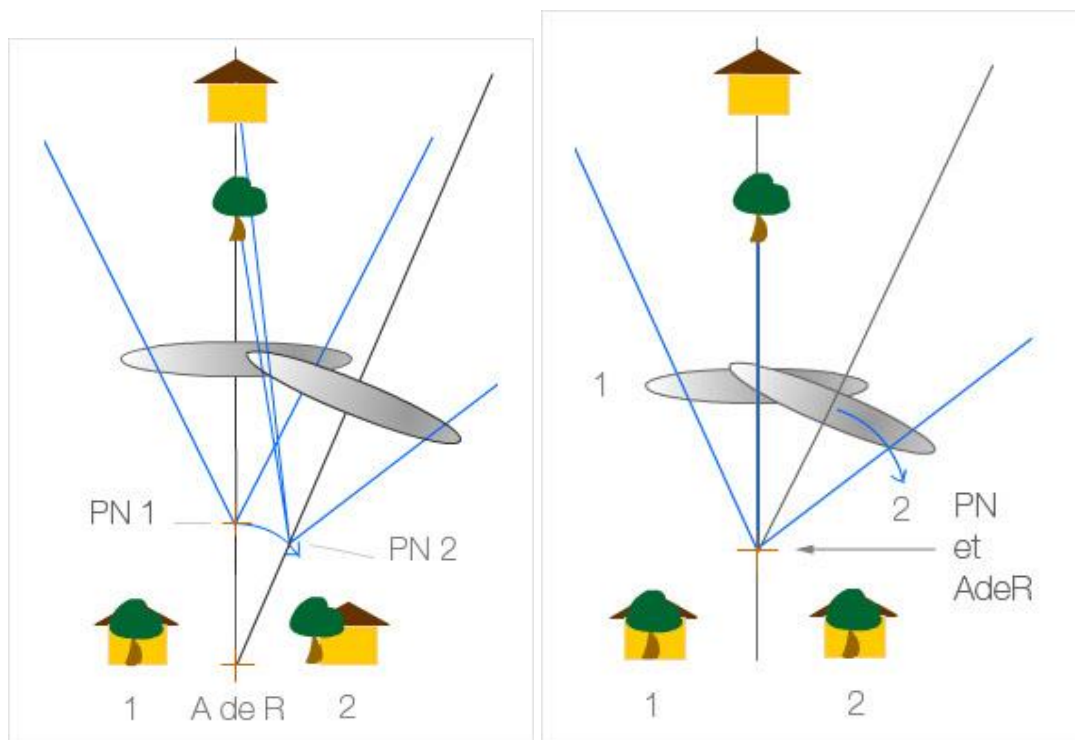
Solmupiste, toisella nimeltä parallaksia piste. Solmupiste esittää linssin perspektiivin pistettä. Se on kohta linssin objektiivissa, johon linssi kohdistaa kuvan. Erilaisissa linsseissä solmupiste löytyy erikohdissa linssiä. Tämän takia solmupisteitä voi olla monta. Yleensä riittää tietää kolme erilaista solmupistettä.

(Panoramic-photo-guide, 2019)



Kuva 6. kolme erilaista solmupistettä erilaisissa linsseissä (Panoramic-photo-guide, 2019)

Solmupiste on hyvin tärkeä 360-kuvien ottamisessa, koska muuten käännettäessä järjestelmäkameraa kuvan perspektiivi muuttuu ja näin 360-kuvassa olevat esineet vaihtavat paikkaa luoden duplikaatteja.



Kuva 7. solmupisteen eroavaisuuden näyttäminen (Panoramic-photo-guide, 2019)

Kuvan 7:n vasemmassa kuvassa solmupiste ei ole pyörivän akselin kohdalla. Kun kuvaaja siirtää kameraa oikealle, tuntuu kuin koko kuvaaja liikkuisi oikealle, josta syntyy kaksi samaa puskaa hieman eri kohdassa. Oikeassa kuvassa solmupiste ja pyörivä akseli ovat samassa kohdassa ja näin kuvien sitominen onnistuu. (Panoramic-photo-guide, 2019).

Tämä aiheutti monta kertaa ongelmia opinnäytetyön aikana ja sidonta sovellukset loivat isoja eroavaisuuksia ja duplikaatteja kuvissa.



Kuva 8. 360-kuvan duplikaatin esimerkki kuva. (Panoramic-photo-guide, 2019)

Kuva 8:n vasemmanpuoleinen kuva on otettu huomioimatta solmupistettä ja tästä johdetaan kupolin duplikaatti, kun taas oikeassa on huomioitu solmupiste ja näin kuvien sitominen on onnistunut. Projektin kuvissa oli järjestelmäkameralla otetuissa kuvissa paljon isompia virheitä, esimerkiksi isojen kokonaisuuksien duplikaatteja kuvien rajakohdissa. (Panoramic-photo-guide, 2019).

3.5.2 Ricoh Theta SC2



Kuva 9. Ricoh Theta SC2 (ricoh, 2020))

Kuvan 9:n actionkameralla kuvaa upeita 4K 30 FPS-resoluution videoita ja yksityiskohtaisia kuvia. Kamera on hyvin pienikokoinen ja helppokäyttöinen. Kameran aivan alapuolella on sokea piste, jota hyödyntäen otettiin kuvat. Kuvien ottaja seisoi kameras alapuolella hyödyntäen sokea pistettä, tästä huolimatta kuvien ottaja näkyi vähäisesti kuvan ala osassa.

4 REACT-360

4.1 Node.js

Node.js on avoin lähdekoodi ja järjestelmäriippumaton JavaScript käyttöympäristö. Projektin pyörittämiseen käytetään Node.js. Node.js asennettaessa asennetaan myös Npm, joka on pakettien hallintasovellus JavaScript kehityspaketeille. Tätä käytetään

paljon projektin pakettien, kirjastojen, ohjelmistokehysten asentamiseen ja on pakollinen olla ennen aloitusta. Npm pakettihallinta sovelluksen aloitus komento on ”npm”, jolla kutsutaan pakettihallinta sovellusta, jonka jälkeen sovellus tietää asentaa halutun sovelluksen. Node.js aloitus komento on ”node”. Kahta kyseistä komentoa tulee näkymään paljon tulevilla kappaleilla.

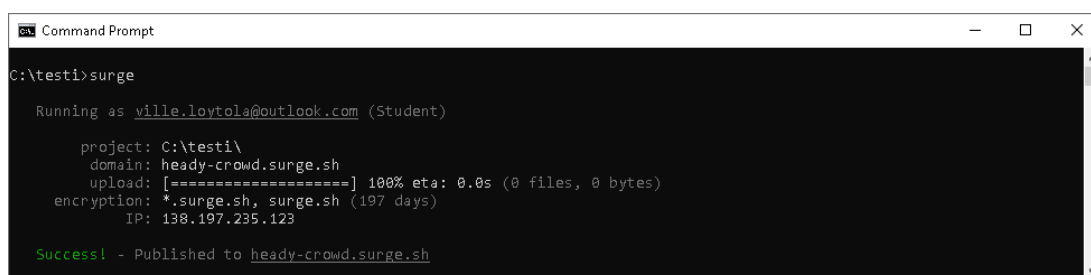
4.2 React-VR ja React-360 ohjelmistokehys

React-VR nimettiin uudelleen 2017 vuonna React-360:seksi. React-360 kirjastoa ei ole hetkeen päivitetty. React-360 päivitetty viimeksi 2018, jonka takia on vanhentunut ohjelmistokehys. React-360 ohjelmistokehysten tavoitteena oli helpottaa kehittäjien työtä luoden mukaansatempaavia 360- sisältöä selaimelle. React-360 mahdollistaa interaktiivisen virtuaalitodellisuuden luomisen selaimelle, jota pystytään käyttämään kännykällä ja tietokoneella. On myös mahdollista käyttää VR-laseja tietokoneen ja kännykän kautta. Tämän saavuttaakseen ohjelmistokehykseen kuuluu React ja React-Native. React on selainpuolen luontia varten oleva avoimlähdekoodi kirjasto. Tällä luodaan selain pohjaisia sovelluksia. React-Native kirjasto perustuu puhelimen selainpuolen sovellusten luontiin, mutta kirjastolla voi myös luoda selainpohjaisia sovelluksia. Reactin isoin hyöty on tilojen hallitseminen, mikä mahdollistaa sivuston interaktiivisuuden ja sivuston tilojen päivittämisen lennossa. Ohjelmistokehys käyttää Three.js kirjastoa ohjelman esittämisenä näytöllä. Käytin Surge.sh verkkosivuja ja kirjastoa sovelluksen levittämiseen.

4.3 Surge

Surgen käyttäminen on yksinkertaista. Ensimmäiseksi täytyy asentaa Surge käytettävälle koneelle ja tämän komennon suorittaa ”npm install -global surge”. Kirjasto voidaan asentaa projektin sisään ilman ”-global” komentoa, silloin voidaan kirjaston komentoja käyttää ainoastaan projektin sisäisessä kansiossa. Kun projektista tehdään koontiversio, surge käynnistetään projektin kansion sisällä, eikä globaalisti. Vain projektin sisäistä käyttöä varten asennus komento on ”npm install surge”, kehittämissympäristöä varten ainoastaan ”npm install -dev surge” ja sitten yleisesti, jotta voidaan käyttää tietokoneelta muissakin projekteissa ”npm install -global surge”. Seuraavaksi

rakennetaan projektin koontiversio. Tämän jälkeen navigoidaan komentorivissä kansioon, johon koontiversio luotiin ja siellä syötetään komento ”surge”. Tällöin surge tarkistaa kansion sijainnin. Seuraavaksi surge tarkistaa haluamasi domain nimen saatavuuden (jonka on loputtava surge.sh). Domain nimen alkuosan saa valita. Tämän jälkeen surge siirtää palvelimelle kyseiset tiedostot ja näet domain nimesi, jolla pääset katsomaan sivustoja. Domain nimi on verkkosivujesi osoite. Kuvasta 10 edustaa surgen luomaa koontiversiota ja kohdasta domain huomataan domain nimeksi tulleen heady-crowd.surge.sh. (SURGE, 2022).



```

C:\testi>surge

Running as ville.loytola@outlook.com (Student)

project: C:\testi\
domain: heady-crowd.surge.sh
upload: [=====] 100% eta: 0.0s (0 files, 0 bytes)
encryption: *.surge.sh, surge.sh (197 days)
IP: 138.197.235.123

Success! - Published to heady-crowd.surge.sh

```

Kuva 10. surgen luoman koontiversion lopputuloksen tulostus

5 VERKKOSIVUN PROJEKTIN LUONTI

Projektin luonti alkaa tarvittavien pakettien asentamisella. Ensimmäisenä pakettina tarvitsee asentaa React-360-cli, cli on lyhenne englannin kielen sanoista command-line interface, mikä tarkoittaa suomeksi komentoliittymää. React-360-komentoliittymällä voidaan luoda erilaisia react-360 projekteja. Komento React-360-komentoliittymän asentamiseksi on ”npm install -g react-360-cli”. Tämä asentaa react-360 ohjelmistokehityksen tietokonelaajuisesti kyseiselle koneelle, tämä mahdollistaa komentorivi kehotteiden käyttämisen eri kansiossa. NPM paketteja voidaan asentaa Kyseisen projekti luodaan komennolla ”react-360 init PROJECT_NAME”. Komennon ”PROJECT_NAME” kohtaan lisätään halutun projektin nimi. Tämä luo yksinkertaisen VR-sivun pohjan. Tämän jälkeen aloitetaan haluttujen toimintojen luominen kyseiselle verkkosivulle.

Projektin verkkosivujen pyörittämiseen käytetään kirjaston omaa paketointi tiedostoa (package.js), tämä käynnistetään node.js:än avulla komennolla ”npm start”, joka käynnistää projektin package.json tiedoston määrityksien mukaan. Nämä määitykset

näkyvät kuvassa 11 ja kohdan ”scripts” objektin sisällä. Tämän jälkeen alkaa sovel-
lus kuuntelemaan selaimen yhdistämistä sovellukseen verkkosivujen kautta. Tähän
käytettävä verkkosivun osoite projektissa oli ” <http://localhost:8081/index.html>”.

```
package.json > {} dependencies
1 {
2   "name": "InteraktiivinenVirtuaalikirjosVR",
3   "version": "0.0.1",
4   "private": true,
5   > Debug
6   "scripts": {
7     "start": "node node_modules/react-360/scripts/packager.js",
8     "bundle": "node node_modules/react-360/scripts/bundle.js",
9     "open": "node -e \"require('xopen')('http://localhost:8081/index.html')\"",
10    "devtools": "react-devtools",
11    "test": "jest"
12  },
13  "dependencies": {
14    "react": "16.3.2",
15    "react-360": "~1.1.0",
16    "react-360-web": "~1.1.0",
17    "react-native": "~0.55.4",
18    "three": "^0.87.0",
19    "webvr-polyfill": "^0.10.12",
20  }
21 }
```

Kuva 11. projektin package JSON tiedosto.

Verkkosivujen käyttäjän ympärille luodaan sylinterimäisesti paneeleita. Tämä sylinteri on täysin käyttäjän ympärillä ja kyseisiin paneeleihin voidaan luoda erilaisia toimintoja. Toiminnot aloitetaan klikkaamalla infomerkkiä, tästä aukeaa erilaisia paneeleita. Näihin paneeleihin kuuluu infopaneeli ja matkustamista varten oma paneeli. Infopaneelissa on ainoastaan tietoa klikattavasta kohteesta. Klikattava kohde voisi esimerkiksi olla tietokone ja tieto olla tietokoneen yleistiedot ja isompi kuva tietokoneesta. Matkustamispaneelissa on yleiskuva kohteesta, yleistietoa kohteesta, mahdollisuus matkustaa uuteen paikkaan tai palata takaisin, kommenttiraidan mykistys. Yleisenä toiminnallisuutena on sylinterin näkymän liikuttaminen ja tämä hoidetaan raahaamalla näkymää hiirellä tai kännykkä näkymässä sormeaa raahaamalla näytössä.

React-360 toimintojen luonti on yksinkertaista. Tarvitaan vain kolmea tiedostoa muokkailla, kyseisessä projektissa. Ensimmäisen tiedoston nimi on client.js, toisen index.js ja kolmannen tourData.js. Client.js on taustalla pyörivien toimintojen määrittystä varten, kuten haluttujen paneeleitten pinta-alat ja paikat. Näitä määrittämiä voidaan käyttää paneeleitten luonnissa. Tässä projektissa nämä ovat infopaneelit ja matkustamista varten oma paneeli. Ohjelmistokehys myös määrittää sylinterimäisesti taustakuvaksi 360 asteen taustakuvan.

Index.js määrittää, mitä halutaan kyseisille pinnoille renderöidä. Tämä tiedosto hakee halutut määrittäykset tourData.js datatiedostosta, nämä määrittäykset ovat: mikä halutaan

taustakuvaksi, infopaneeleitten sisältö, matkustamispaneelin sisältö. Kyseistä tiedostoa käytetään alkunäkymän luontiin ja myös tulevien asioiden renderöintiin sivulla, koska kyseessä on SPA. SPA on selaimessa käytettävä ohjelma, jossa kaikki toiminnallisuudet ja tiedot ladataan kerralla selaimeen, mutta kaikkea ei välttämättä näytetä. Näin käyttäjä tulee näkemään ainoastaan etusivun ja sivuhistoria tietoihin jää ainoastaan etusivun tiedot. (citydevlabs).

Datatiedoston muodostuu yhdestä objektista. Objekti muodostuu avaimesta ja tähän kytketystä asiasta. Asia voi olla uusi objekti, teksti, numero tai lista. Datatiedoston objektin sisällä on lista objekteja ja nämä objektit ovat kohteitten määrittäjiä. Kohteen määrittäjän avaimena on kohteen-nimi. Tähän kytketään objekti, jonka sisällä on lista erilaisia tietoja. Nämä listat ovat kohteen-nimi (placeName), pääinfo (mainInfo), viereiset paikat (adjacentPlaces), infopaneeleitten määrittäjät (info). Objektin sisällä ensimmäisenä on kohteen-nimi. Kohteen-nimeen kytkettynä on kohteen-nimi teksti muodossa. Seuraavana objektissa on pääinfo, johon on kytkettynä pääinfo teksti-muodossa. Tämän jälkeen viereiset paikat, johon on kytkettynä tekstejä listana. Viereiseen paikkaan kytketty lista kuvaa paikat mihin kohteesta pystyy matkustamaan. Seuraavaksi on infopaneeleitten määrittäjät, johon kytkettynä objekteja listana. Näitten objektien avaimet ovat teksti ("text"), kuva ("img"). Teksti objektiin on kytketty infopaneelin sisällä oleva haluttu teksti ja kuva objektiin on kytketty halutun kuvan nimi. Datatiedosto mahdollistaa dynaamisen rakenteen muutoksen projektissa. Ainoastaan datatiedostoa muuttamalla muuttuu koko projektin näkymä käyttäjälle. Myöhemmin tehtävää kehitystä varten pystyisi myös määrittämään infopaneeleitten sijainti näkymässä. Tämän johdosta infopaneelit tulevat olemaan staattisissa kohdissa tässä vaiheessa projektia. Tämä voitaisi suorittaa myös datatiedoston infopaneelin määrittäjä objektin sisällä, mutta ei ollut vielä tarvittavaa. Ohjelmistokehitys tarkistaa löytyykö määrittäjä, jos ei löydy määrittäjä niin kyseistä paneelia ei luoda näkymään.

6 YHTEENVETO

Projektin päätavoitteet täyttyivät. Päätavoitteina oli verkkosivujen luonti tarvittavilla toiminallisuuksilla. Tarvittavia toiminallisuuksia olivat dynaamisen datarakenteen luominen, mahdollisuus navigoida eri kohteisiin ja virtuaalitodellisuuden luominen verkkosivuille.

Hyödylliset toiminnallisuuksien tavoitteet eivät aivan täyttyneet vaikeuksien takia. Hyödyllisiä toiminnallisuuksia olivat kommentti tai ääniraidan hyödyntäminen kohteissa, graafisen ulkoasun viimeistely ja 360-kuvien ottaminen järjestelmäkameralla. Kommentti tai ääniraita saatiin toteutettua ja sitä pystytään käyttämään hyväksi tulevissa projekteissa. Graafisen ulkoasun viimeistely ja 360-kuvien ottaminen järjestelmäkameralla tavoitteissa jouduttiin tyytymään kompromissiin. Graafista ilmettä uudistettiin, mutta paketin vanhuus tuotti suuria vaikeuksia. Ainoastaan paneeleitten sisältöä pystyttiin uusimaan ja sisällön ilmettä parantamaan. Yksi toiminnallisuuden vaikeus oli tietomerkkien ponnahtus toiminnassa. Kun hiiri siirretään tietomerkin päälle tämän pitäisi ponnahtaa käyttäjälle isommaksi, mutta se alkoi värähtelemään ison ja pienen koon välillä. Toinen toiminnallisuuden vaikeus oli navigoitaessa uuteen kohteeseen ja takaisin vanhaan, jolloin tietomerkit ja matkustamispaneelin merkit siirtyivät vanhasta paikasta täysin käyttäjän yläpuolelle piiloon. Näiden korjaaminen ei ollut mahdollista version vanhuuden vuoksi ja olisi vaatinut pakettien sisäistä korjausta. 360-kuvien ottaminen järjestelmäkameralla osoittautui liian hankalaksi ja olisi vaatinut kalliiden järjestelmien ostamista, mitä ei nähty tarpeelliseksi pelkästään opinnäytetyötä varten. Päätavoitteet toteutuminen todensi konseptin interaktiivisesta virtuaalikierroksesta olevan mahdollista rakentaa ja toteuttaa. Toissijaisten tavoitteiden toteutumisen vajaavaisuus todensi React-360 ohjelmistokehyksen rajallisuuden ja näin ei ole paras mahdollinen tämän tyyppisen verkkosivujen luontiin. Vastaavissa projekteissa olisi tärkeää laajempi ohjelmistokehyksien arviointi ja testaaminen olevan tarpeellista. Tekijän työkokemuksen myötä kyseinen ohjelmistokehys ei mahdollistanut tarpeeksi laajaa kehittämistä.

7 LÄHTEET

- Alan B. Craig, W. R. (2009). *Developing Virtual Reality Applications: Foundations of Effective Design*. Morgan Kaufmann Publishers.
- argonjs. (n.d.). Retrieved from <https://www.argonjs.io/>
- citydevlabs. (n.d.). *single-page-app/*. Retrieved from *single-page-app/*: <https://citydevlabs.fi/single-page-app/>
- github/Primrose. (2023). Retrieved from <https://github.com/capnmidnight/Primrose>
- github/react-360. (n.d.). Retrieved from <https://github.com/facebookarchive/react-360>
- git-scm. (n.d.). Retrieved from <https://git-scm.com/book/en/v2/Getting-Started-About-Version-Control>
- <https://www.louvre.fr/en/online-tours>. (n.d.). Retrieved from <https://www.louvre.fr/en/online-tours>
- interviewbit. (n.d.). */blog/framework-vs-library/*. Retrieved from interviewbit: <https://www.interviewbit.com/blog/framework-vs-library/>
- javatpoint. (n.d.). Retrieved from javatpoint.: <https://www.javatpoint.com/html-canvas>
- kanava.to. (n.d.). Retrieved from <https://kanava.to/mika-on-tama-html5-josta-niin-puhutaan/>
- Mark Baartse, S. C.-L. (2001). *Professional JavaScript, 2nd Edition*. Apress © 2004.
- minilex. (2023). *minilex*. Retrieved from yksityisyydensuoja-ja-valokuvaus: <https://www.minilex.fi/a/yksityisyydensuoja-ja-valokuvaus>
- Panoramic-photo-guide. (2019). *finding-the-nodal-point.html*. Retrieved from panoramic-photo-guide: <https://www.panoramic-photo-guide.com/finding-the-nodal-point.html>

- ricoh. (2020). *thetalab*. Retrieved from article/7074:
<https://www.thetalab.ricoh/en/article/7074/>
- roadtovr. (n.d.). *end-2014-tech-giants-sony-facebook-samsung-google-apple-microsoft-hand-vr*. Retrieved from roadtovr: <https://www.roadtovr.com/end-2014-tech-giants-sony-facebook-samsung-google-apple-microsoft-hand-vr/>
- support.microsoft. (n.d.). Retrieved from <https://support.microsoft.com/en-us/windows/common-file-name-extensions-in-windows-da4a4430-8e76-89c5-59f7-1cdbbc75cb01>
- SURGE. (2022). Retrieved from <https://surge.sh/>
- Tuukka M. Takala, A. U. (2017). *A Toolkit for Virtual Reality Software Development - Investigating Challenges, Developers and Users*. Retrieved from aaltodoc:
<https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/24034>
- uiuxlab. (n.d.). Retrieved from <https://uiuxlab.medium.com/5-web-vr-frameworks-to-help-developers-build-interesting-design-b4a03197f1f5>
- wikipedia/IOS. (n.d.). Retrieved from <https://fi.wikipedia.org/wiki/IOS>

