

Tallinna Ülikool
Digitehnoloogiaste instituut
Informaatika

Vabavaralised lahendused liitreaalsuse loomiseks

Bakalaureusetöö

Autor: Mirko Valkenpert

Juhendaja: Andrus Rinde

Autor:».....,2017

Juhendaja:».....,2017

Instituudi direktor:».....,2017

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....
(kuupäev)

.....
(autor)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ Mirko Valkenpert _____ (sünnikuupäev: _____ 21.03.1993 _____)
(*autori nimi*)

1. annan Tallinna Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

_____ „Vabavaralised lahendused liitreaalsuse loomiseks“ _____

(*lõputöö pealkiri*)

Mille juhendaja on _____ Andrus Rinde _____.
(*juhendaja nimi*)

säilitamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Ülikooli Akadeemilise Raamatukogu repositooriumis

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3 kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tallinnas/Haapsalus/Rakveres/Helsingis, _____

(*digitaalne*) allkiri ja kuupäev

Sisukord

SISSEJUHATUS	5
1 LIITREAALSUS	7
1.1 KUS KASUTATAKSE LIITREAALSUST?	9
1.2 LIITREALSUSE LOOMINE	14
2 TARKVARAD LIITREAALSUSE LOOMISEKS.....	16
2.1 TESTIMINE	17
2.2 VUFORIA	19
2.2.1 Vuforia-ga tehtud lihtne test:	25
2.3 KUDAN.....	27
2.4 ARTOOLKIT	31
2.4.1 ARToolKit-iga tehtud lihtne test:	32
2.5 BUILDAR	35
2.5.1 BuildAR-iga tehtud lihtne test	35
KOKKUVÕTE	37
SUMMARY	38
KASUTATUD KIRJANDUS	39

Sissejuhatus

Arvutigraafika on tänapäevaks muutunud lahutamatuks osaks igapäevases kommunikatsioonis ja meelelahutuses. Seda kasutatakse väga paljudes valdkondades ning see areneb endiselt edasi leides aina enam kasutusvaldkondi. Telepildis, näiteks spordivõistluste ülekannetes, edastatakse palju virtuaalset informatsiooni reaalsuses. Näiteks kaugushüppes kuvatakse vaatajale virtuaalsed jooned, et vaataja näeks täpsemalt kui kaugelt sportlane hüppas. Kettaheitel kuvatakse jooni sportlaste heidete tulemustest maa peale. Ujumises kuvatakse vee peale sportlase positsioon, nimi ning päritolu riik (Joonis 1), et oleks lihtsam mõista tulemust. Jalgpallis kuvatakse vaatajale suluseisu hetkel joonega kas üks mängija oli vastavas positsioonis või ei. Kõik need näited ja paljudki muud kuuluvad liitreaalsuse (*Augmented reality* ehk AR) alla.



Joonis 1. 2008. aasta suveolümpiamängude ujumise võistluses kasutatav liitreaalsuse näide ¹

Liitreaalsusega on võimalik valmistada võimsaid rakendusi, mis suudavad näiteks virtuaalse vaala tuua kooli võimlasse, või mille abil saab esitleda virtuaalse 3D kujutisena elumaja plaani. Enamasti on see professionaalide pärusmaa ning liitreaalsuse valmistamiseks on vaja kallist tehnikat (kaamerat, tarkvara jms). Siin tekib küsimus, et kas on võimalik ka vabavaraliste programmidega valmistada liitreaalsuse rakendust ning kas selleks peab oskama programmeerida?

Töö eesmärgiks on tutvustada lugejale vabavaralisi lahendusi lihtsa liitreaalsuse rakenduse loomiseks. Eesmärkide saavutamiseks autor: annab kirjanduse põhjal ülevaate, otsib/valib

¹Allikas:

<https://static1.squarespace.com/static/56c70f6fb6aa609132db545b/t/56d71589c2ea51af914e93e8/1456936336438/>

vabavaralised vahendid, tutvustab valitud tarkvarasid, sooritab lihtsa (reaalajas staatilise info kuvamine videopildis) katse tarkvaradega ning annab soovitusi sobiva tarkvara valimisel.

Töö sihtgrupiks on inimesed, kellel on huvi liitreaalsuse vastu, kellel on arusaam videotöötluste töökäigust, kes omavad teadmisi arvutigraafikast (vektorgraafika, rastergraafika, 3D- ja 2D arvutigraafika).

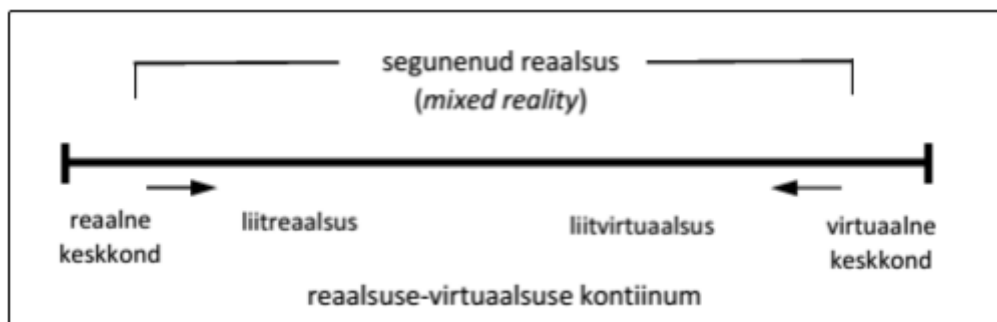
Töö käigus tutvustatakse lugejale erinevaid mõisteid ja termineid, mis seostuvad liitreaalsusega ning selle töötamisega.

1 Liitreaalsus

Liitreaalsus on tehnoloogiline lahendus keskkonna loomiseks mis võimaldab reaalajas kuvada informatsiooni reaalsesse maailmasse virtuaalsel kujul. Sellist meetodit kasutades on võimalik edastada informatsiooni väga kiiresti ja tõhusalt selle tarbijale. Näiteks aknast välja vaadates on ilm ilus ning tekib küsimus kas ilm muutub lähiajal. Sellisel juhul suudab liitreaalsus kuvada akna peale ilmaste prognoosi ning informatsioon on tarbijale saadaval kohe selle vajaduse tekkimisel. Hetkel on võimalik liitreaalsusega loodud informatsiooni näha läbi vastavate seadmete. Üheks selliseks on seade mis on enamikel inimestel taskus olemas ning selleks on nutitelefon. Nutitelefoniga kaamera ning vastava rakenduse kaudu on võimalik vaadelda liitreaalsust. Parema kogemuse liitreaalsusest saab peakomplektidega, kuid need on enamasti liiga kallid tavakasutajale. (Augment)

Liitreaalsuse paremini mõistmiseks on vaja selgitada mõningaid teemaga seotud mõisteid ning üheks on virtuaalreaalsus (*Virtual Reality* ehk VR). Virtuaalreaalsus on tehnoloogiline lahendus mille abil saavad inimesed siseneda virtuaalsesse keskkonda vastavate seadmetega. Nendeks seadmeteks on enamasti peakomplektid, kus kasutajale kuvatakse virtuaalset keskkonda läbi ekraanide ning see keskkond on reageeriv kasutaja liigutustele. Näiteks paremale või vasakule vaatamisel liigub virtuaalses keskkonnas vaatepilt vastavalt liigutusele. (Williams II & Chianetta, 2016)

Aastal 1994 tutvustas Paul Milgram esimest korda reaalsuse-virtuaalsuse skaalat nime all „*Reality-virtuality continuum*” (Joonis 2). See on pidev skaala, mis ulatub täiesti virtuaalsest keskkonnast täiesti reaalse keskkonnani. Kõik nende kahe keskkonna vahele jäävad keskkonnad kuuluvad segunenud reaalsuse (*Mixed reality* ehk MR) hulka. Skaalas on eraldi välja toodud neli erinevat keskkonda. (Tundmatu, 2008)



Joonis 2. Reaalsuse-virtuaalsuse kontiinumi lihtsustatud näide (Palm, 2014)

- Esimeseks on reaalne keskkond ehk *Real Environment*. Ehk siis see on olukord, kus me ei kasuta ühtegi virtuaalset aspekti.
- Teiseks on liitreaalsus ehk *Augmented Reality*. Liitreaalsuses kasutatakse reaalsel keskkonda või selle kujutist ekraanil millele lisatakse virtuaalseid elemente. Nagu ka nimi ütleb, siis see on reaalsus mida täiendatakse virtuaalsusega.
- Kolmandaks on liitvirtuaalsus ehk *Augmented Virtuality*. Liitvirtuaalsuses kasutatakse virtuaalset keskkonda kuhu lisatakse reaalseid elemente. Vastupidiselt liitreaalsusele on see virtuaalsus mida täiendatakse reaalsusega. Liitreaalsuses toimub tegevus reaalses keskkonnas ning liitvirtuaalsuses toimub tegevus virtuaalses keskkonnas. Näiteks kasutades vastavaid seadmeid jälgib kasutaja virtuaalset keskkonda kus kõik seinad on virtuaalsed, kuid kõik mööbel on reaalsest keskkonnast otse filmitud ning kuvatud reaalajas.
- Neljandaks on virtuaalne keskkond ehk *Virtual Environment*, kus ei ole kasutusel ühtegi reaalsel elementi ehk kõik selles keskkonnas olev on virtuaalne.

Kahe äärmuse ehk reaalse keskkonna ja virtuaalse keskkonna vahel on rohkem olekuid kui kirjas olevad kuid mainitud olekutega saab kergelt selgitada erinevaid võimalusi kuidas liita reaalsus ja virtuaalsus. (Tundmatu, 2008)

1.1 Kus kasutatakse liitreaalsust?

Liitreaalsust kasutatakse paljudes erinevates valdkondades. Näiteks erinevate spordialadetele-ülekannetes, meditsiinis, mängudes, turunduses, arhitektuuris jne. Liitreaalsus on lihtsustanud kõiki neid valdkondi omal moel. Näiteks on meditsiinis aparaat nimega „*Accuvein*“, mis näitab arstile täpseid patsiendi veenide asukohti nende kehal. (Joonis 3) Pildi peal on näha aparaati kasutuses, kus see projekteerib punase valguse patsiendi käe peale. Ainult veenide asukoht jääb märkimata ning selle tulemusel saab arst määrata täpse veeni asukoha.

(*Accuvein*, kuupäev puudub)



Joonis 3. *Accuvein*-i kasutamise lapse käsivarrel²

² Allikas: <http://www.accuvein.com/assets/kalia1.jpg>

Tuntud motospordis „NASCAR“ kasutatakse programmi nimega „RACEf/x“, mis annab vaatajatele informatsiooni sõitjate kohta mida oleks muidu peaaegu võimatu nendeni viia. Võistluse hetkel sõidavad autod väga suuritel kiirustel ning reaalselt mõõta autode kiirust ja saata see informatsioon edasi vaatajani on väga raske ülesanne. Kasutades satelliitnavigatsioonisüsteemi (GPS) autode küljes suudab programm nende autode asukoha kindlaks teha ning saata see info edasi kaameratesse. Kaamerad kuvavad erinevates värvides helendused autode peale (Joonis 4), et vaatajal oleks võimalikult lihtne aru saada mis olukord on tekkinud võistluses ning seda kõike reaalselt. (Bonsor, 2001)



Joonis 4. Näide helendusest ja informatsioonist mida kuvatakse NASCAR-i vaatajatele ³

Suur kaubanduskett nimega „IKEA“ on kasutusele võtnud liitreaalsuse, et aidata kasutajatel ja klientidel veel lihtsamalt ja kodust lahkumata valida soovitud kaupa. Kauplus müüb kodu sisustamiseks tooteid, näiteks diivaneid, kappe, toole jne. Kauba valimise lihtsustamiseks saab rakendusega sobitada tooteid oma koju ilma, et valitud toode oleks füüsiliselt kohal. Selle võimaluse kasutamiseks on vaja kas nutitelefoni või tahvelarvutit. Kaupluse rakenduse saab alla laadida nii IOS kui ka Android-i seadmetele. Rakendusel on andmebaasis 3D objektid toodetest ning klient saab valida endale sobiva toote ning vaadelda kuidas toode toas välja näeb. Rakenduse kasutamiseks on vaja ka välja printida kataloog ise. Rakenduse kasutaja peab asetama kataloogi soovitud toote kohta maha, seejärel skaneerima rakendusega maas olevat kataloogi ning nagu pildil (Joonis 5) näha on, siis valitud toode tekib kataloogi peale. (Ridden, 2013)

On olemas ka rakendusi mis skaneerivad ümbruskonna ning suudavad virtuaalseid objekte kuvada täpselt põranda peale ning kasutaja saab objekte vabalt ringi liigutada ning ka osade objektide suurust muuta.

³ Allikas: <http://s.hswstatic.com/gif/racefx-2.jpg>



Joonis 5. Virtuaalse tooli paigutamine tuppa läbi *IKEA* rakenduse ⁴

Sotsiaalmeedias on liitreaalsus samuti suuri laineid löönud. Rakendus nimega „*Snapchat*“ oli esimene, mis andis kasutajatel kogeda liitreaalsust pilte või videosid tehes. Nende tarkvara kasutas kaamerat, et märkida kasutaja näo asukoht ning jälitada seda vastavalt liigutustele. Seejärel sai kasutaja lisada endale erinevaid maske või muid elemente näiteks koera kõrvu ning teha endast pilt. Teine tuntud sotsiaalmeedia platvorm „*Facebook*“ lisas samuti võimaluse inimestel kasutada liitreaalsusega tehtud filtreid pilte tehes. Arenduse käigus postitas *Facebook*-i looja Mark Zuckerberg video endast (Joonis 6), kus demonstreeris liitreaalsuse maski filtrit. Nendel filtritel võivad ka animatsioonid juures olla, näiteks videos näidatav mask avanes kui kasutaja noogutas kiirelt. (O'Brien, 2017)



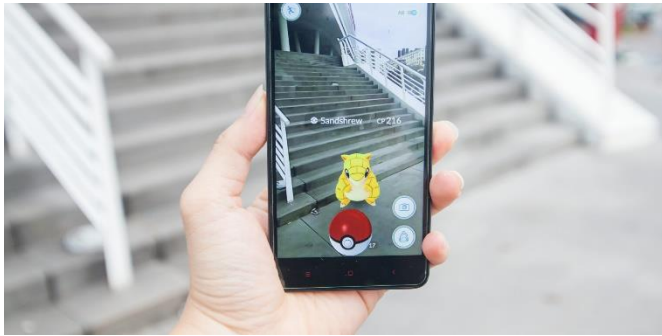
Joonis 6. Mark Zuckerberg demonstreerib liitreaalsuse filtrit ⁵

Üks tuntuim nutitelefoni mäng mis kasutab liitreaalsust on „*Pokémon GO*“. Mängu üks peamiseks ülesandeks on püüda virtuaalseid loomi (Joonis 7). Peamiselt kasutab mäng kasutaja nutitelefonis olevat GPS-i ning määrab mängus tema tegelase asukoha selle järgi. Kui kasutaja on mängus ühele kinni püütavale loomale piisavalt lähedal tuleb loomale peale vajutada ning seejärel hakkab mäng kasutama nutitelefonis olevat kaamerat. Liitreaalsuse abil

⁴ Allikas: <http://www.realitytechnologies.com/images/superimposition.jpg>

⁵ Allikas: <https://fossbytes.com/mark-become-iron-man-while-coding-his-own-jarvis/>

kuvab rakendus kasutajale virtuaalse looma millele tuleb palliga pihta visata, et too kinni püüda. Liitreaalsust kasutavad mängud ei ole väga populaarsed personaalarvutites ning enamusest mängudest valmistatakse kas nutitelefonidele/tahvelarvutitele või videomängukonsoolidele. Seda just sellepärast, et kasutatakse seadmes olevat kaamerat või seadmega kaasas käivat kaamerat ning neid mängu mängides peab kasutaja enamasti rohkem ringi liikuma ja mitte ainult toolis istuma. (Williams, 2016)



Joonis 7. *Pokémon GO* mängus virtuaalse looma püüdmine ⁶

Nutitelefoni kasutajad saavad endale alla laadida rakenduse nimega „Layar“. Selle rakendusega saab kasutaja mõndades linnades kogeda liitreaalsust linnatänavatel. Rakendus kuvab nutitelefoni kaamera ja GPS-i abil kasutajale soovitud informatsiooni. Rakenduses on erinevad seaded ning kasutaja saab ise valida mis informatsiooni ta soovib näha. Näiteks otsides restorani mõnes linnas, siis kaameraga ringi vaadates kuvatakse kasutajale virtuaalsetele kihtidele informatsioon restoranide kohta, mis on kaamera vaateväljas (Joonis 8). Teistel sarnastel rakendustel kuvatakse ka kasutajate tagasiside restoranide kohta. (Bonsor, 2001)

⁶ Allikas: <http://i.huffpost.com/gen/4645186/images/o-POKEMON-GO-facebook.jpg>



Joonis 8. Layar-i rakenduse näide, kus kuvatakse firmade asukohti ⁷

Word Lens oli rakendus, mis võimaldas kasutajatel reaalses maailmas lugeda võõrkeelseid lauseid endale sobivas keeles. Rakendust sai alla laadida nii *Android* ja *IOS* seadmetele kui ka *Google Glass* seadmele. 2015. aastal lisati *Word Lens* rakendusse *Google Translate* ning see on saadaval „*Google Translate*“ nime all. Rakendus skaneerib läbi kaamera kogu keskkonda ning tuvastab teksti. Kasutatud kirjatüüp pole oluline. Seejärel tuvastab rakendus mis keeles tekst kirjutatud on, tõlgib selle valitud keelde ning kuvab tõlke võimalikult sarnases kirjatüübis originaali peale. (Joonis 9) (Broussard, 2017)



Joonis 9. Näide rakenduse „*Word Lens*“ tõlkimise võimalusest reaalses maailmas ⁸

⁷ Allikas: <http://d2kv389z282s26.cloudfront.net/wp-content/blogs.dir/1/files/2011/09/layar-screenshot.png>

⁸ Allikas: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/WordLensDemo5Feb2012.jpg>

1.2 Liitreaalsuse loomine

Lühidalt on liitreaalsuse loomine virtuaalsete objektide reaalsesse maailma toomine ning nende kuvamine kasutajale reaalses maailmas.

Esimeseks sammuks on informatsiooni kogumine ning selle talletamine rakenduse poolt läbi kasutatava seadme, näiteks nutitelefoniga kaamera. Vastavalt kogutud informatsioonile asetatakse kasutaja ekraanile virtuaalseid elemente. Näiteks pildil (Joonis 10) on näidatud kuidas reaalses pildis on autol velje küljes koodiga paber kuid läbi nutitelefoniga ekraani vaadates on kuvatud paberi peale virtuaalne velg. (RealityTechnologies, kuupäev puudub)

Liitreaalsust on mitut erinevat tüüpi kuid kõigi eesmärk on täiendada reaalses maailmas virtuaalsete elementidega kasutaja elu lihtsustamiseks. Erinevatel liitreaalsuse tüüpidel on erinevad aspektid mida tuleb jälgida rakenduse valmistamisel. Järgnevalt tuuakse näited neljast erinevast liitreaalsuse tüübist: (RealityTechnologies, kuupäev puudub)

1. Markeril põhinev liitreaalsus (*Marker based augmented reality*)

Markeril põhinev liitreaalsus kasutab kaamerat ning teatud sorti visuaalset markerit, näiteks QR või 2D koodi, et kuvada tulemus ainult sellel hetkel kui marker on kaamerast nähtava. Markeril põhinevad rakendused kasutavad kaamerat skaneerimiseks ning kindla markeri puhul kuvatakse kindel tulemus. Markerid peavad olema salvestatud rakenduse andmebaasi, et rakendus suudaks neid tuvastada. (RealityTechnologies, kuupäev puudub)



Joonis 10. Markeri kasutamine auto velje peal ⁹

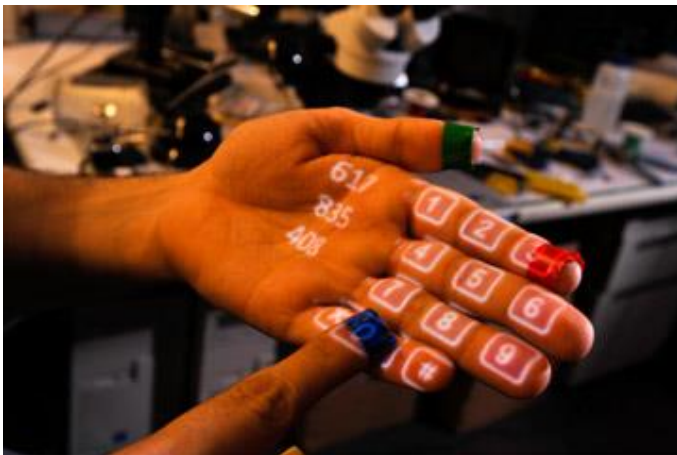
⁹ Allikas: <http://www.realitytechnologies.com/images/recognition.jpg>

2. Markerita liitreaalsus (*Markerless augmented reality*)

Markerita liitreaalsus kasutab GPS-i, digitaalset kompassi, kiiruse mõõtjat mis on sisse ehitatud liitreaalsuse kuvamise seadmesse, et saada informatsiooni kasutaja asukoha kohta. Selliste rakenduste loomisel on suur pluss, sest nutitelefonide poolt pakutav kasutaja positsioneerimine on laialdaselt levinud. Kasutatakse palju rakendustes mis näitavad kasutajale lähedal olevaid huvipunkte, näiteks restoranid jne. (Joonis 8) (RealityTechnologies, kuupäev puudub)

3. Projitseerimisel põhinev liitreaalsus (*Projection based augmented reality*)

Projitseerimisel põhineva liitreaalsuse abil projitseeritakse tehisvalgust reaalsetele objektidele. Sellised rakendused saavad läbi kaamera aru kasutaja interaktsioonist valgusega ning käituvad vastavalt sellele (Joonis 11). Rakendus võrdleb sellele teatud valgusega tehtud kujutist (rakendus teab milline kujutis projitseeritakse) muudetud kujutisega (läbi kaamera talletab muudetud kujutise reaalajas). (RealityTechnologies, kuupäev puudub)



Joonis 11. Valguse projitseerimine kasutaja käe peale ¹⁰

4. Objekti sundkatmisel põhinev liitreaalsus (*Superimposition based augmented reality*)

Objekti sundkatmisel põhinev liitreaalsus vahetab kas pooleldi või tervenisti vaateväljas oleva objekti täiesti uue virtuaalse objekti vastu. Objektide tuvastamisel on tähtis roll sellistel rakendustel, sest rakendus ei suuda asendada reaalselt objekti virtuaalse objektiga kui rakendus ei suuda tuvastada reaalselt objekti. Näiteks eelnevalt mainitud *IKEA* rakendus kasutab objekti sundkatmisel põhinevat liitreaalsust (Joonis 5). (RealityTechnologies, kuupäev puudub)

¹⁰ Allikas: <http://s.hswstatic.com/gif/augmented-reality-1.jpg>

2 Tarkvarad liitreaalsuse loomiseks

Järgnevas peatükis on esile toodud autori poolt välja valitud tarkvarad liitreaalsuse loomiseks. Eesmärk on tutvustada vabavaralisi lahendusi ning see on peamine kriteerium tarkvarade valiku tegemisel, ehk tasulistest tarkvaradest juttu ei tule. Mõnel lootelus oleval tarkvaral on olemas ka tasuline versioon rohkemate võimaluste ja lisadega. Väga paljud liitreaalsusega seotud tarkvarad on SDK-d (*Software development kit*). SDK on tarkvara arenduse komplekt, mis on tüüpiliselt tarkvara valmistamiseks mõeldud tööriistad. Tavaliselt suunatud ühele kindlale süsteemile näiteks telefoni rakenduste valmistamiseks. (Sharpened Productions, 2010) Peale iga tarkvara üldist kirjeldust tuuakse välja mõningad tähtsamad võimalused nende poolt. Võimalused on enamasti sellised, mis ei pruugi teistes tarkvarades esineda.

Tarkvarad valiti ideega, et tutvustada lugejale erinevaid võimalusi. Tarkvarad ei ole järjestatud parimast halvimani. Esimeseks tarkvaraks otsiti kõige populaarsemat vabavara liitreaalsuse loomiseks. Veebilehel <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/> tuuakse välja kasutajate hinnangud mitme liitreaalsuse tarkvara kohta. Kõik nendest ei ole vabavarad, niiet need jäeti kõrvale. Esimeseks valiti *Vuforia*, sest seda tarkvara mainiti erinevates looteludes ning see saavutas häid tulemusi. *Vuforia* populaarsust mainitakse samuti paljudel teistel veebilehtedel näiteks <http://www.drawandcode.com/best-software-augmented-reality-developers/>. *Vuforia* pakub ka tasulist versiooni oma tarkvarast, mis on mõeldud rohkem ettevõtetele kui eraisikutele. Tasulisel versioonil ei esine *Vuforia* märke rakendustes.

Teiseks valiti tarkvara mida peetakse esimese valiku rivaaliks. Samal veebilehel mainiti, et *Kudan* on põhiline *Vuforia* konkurent. Teiseks tarkvaraks valiti selle järgi *Kudan*. Nagu ka *Vuforia*, pakub ka *Kudan* tasulist versiooni ettevõtetele.

Järgmise programmi valimist vaadati teise nurga alt. Otsustati valida programm millel puudub tasuline pool, ehk terve tarkvara ja kõik sellele loodud funktsioonid on tasuta saadaval. Samas eelmainitud nimekirjas jäi silma *ARToolKit*, sest toodi välja palju võimalikke funktsioone ning see valiti kolmandaks tarkvaraks.

Viimaseks näiteks otsiti tarkvara mis ei ole SDK ning mis on primitiivsete võimalustega, et uurida kui vähe on vaja lihtsa liitreaalsuse stseeni loomiseks. Leiti tarkvara nimega *BuildAR*.

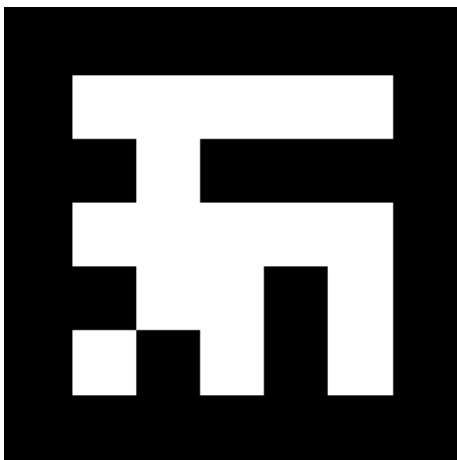
2.1 Testimine

Valitud tarkvaradast testitakse kolmega liitreaalsuse valmistamise lihtsust ning suutlikust lihtsa testiga. Sest *Vuforia* ja *Kudan* on kõige sarnasemad, siis lihtne test viiakse läbi ainult *Vuforia*-ga. Testi eesmärk on anda ülevaade liitreaalsuse valmistamisest iga tarkvaraga. Valitud tarkvaradega, mis on SDK-d, viiakse testid läbi *Unity* mängumootoriga. *Unity*-ga tehtud testid algavad kõik uue projekti laadimise hetkest, ehk *Unity* (versioon: *Unity 5.5.3f1 (64-bit)*) mängumootor on arvutis olemas enne testi algust.

Kõik tarkvarad testitakse läbi sama 3D objektiga. 3D objekt laetakse alla veebiaadressilt <https://www.cgtrader.com/items/712386/download-page> .3DS formaadis (faili nimi tuleb eagle.3DS). 3D objekt viiakse kokku lihtsa mustvalge markeriga. Kui tarkvaraga ei ole lisatud ühtegi markerit (osadel tarkvaradel on kaasas hiro ja kanji markerid) (Joonis 12), siis kasutatakse internetist alla laetud markerit. (Joonis 13)



Joonis 12. Marker nimega „kanji“¹¹



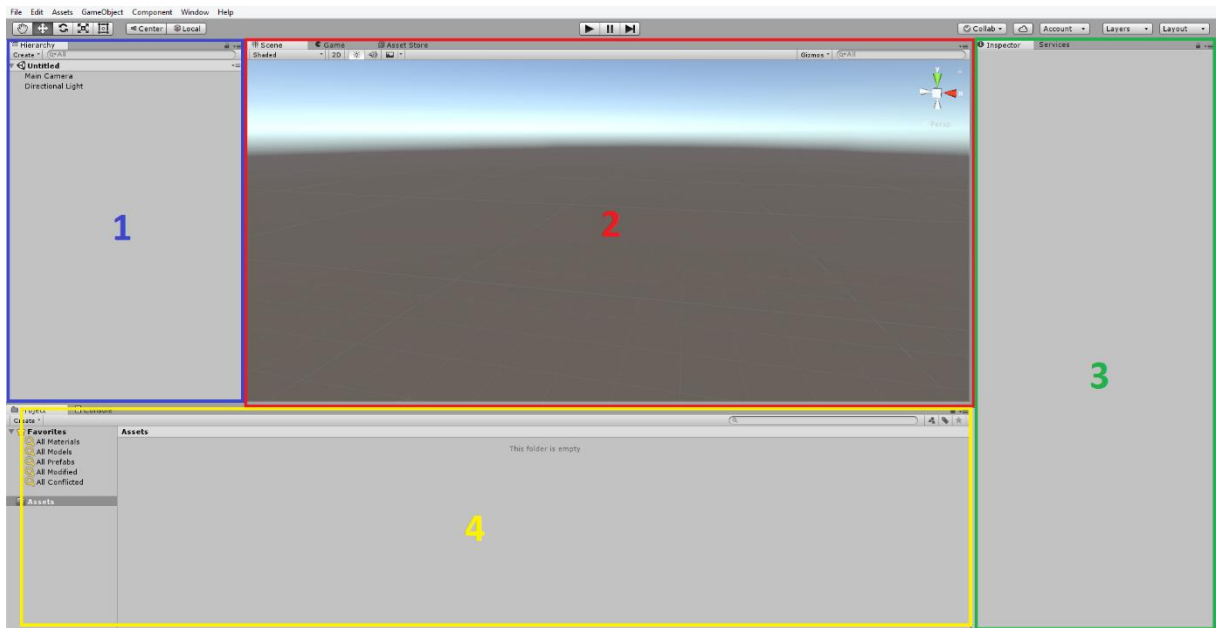
Joonis 13. Internetist alla laetud marker¹²

¹¹ <http://homes.dcc.ufba.br/~caiosba/mestrado/pattKanji.png>

Testi etapid:

1. Tarkvara soetamine arvutisse.
2. Markeri ja 3D objekti lisamine tarkvarasse, nende sidumine ning tulemuse näitamine veebikaamera kaudu.

Testimise kirjelduse paremini mõistmiseks on välja toodud *Unity* töölaud millele on peale märgitud lahtrite asukohad ning kirjeldused. (Joonis 14)



Joonis 14. *Unity* töölaud¹³

1. Hierarhia lahter – lahter kus asetsevad stseenis kasutatavad elemendid.
2. Stseeni lahter – lahter kus kuvatakse objektid 3D ruumis.
3. *Inspector* lahter – lahter kus kuvatakse aktiivsete elementide atribuudid.
4. Projekti lahter – lahter kus asub kaust nimega „*Assets*“, mille sees on kõik projekti valmistamise jaoks vajalikud elemendid pärast SDK importimist.

¹² Allikas: <https://xml3d.github.io/xml3d-examples/examples/xflowAR/img/22.png>

¹³ Allikas: Autori tehtud

2.2 Vuforia

Vuforia pakub arendajale tasuta SDK-d mida saab kasutada nutiseadmete rakenduste arendamiseks. Vuforia-ga saab valmistada rakendusi *Android*-i, *IOS*-i ja *UWP (Universal Windows Platform)* platvormidele. Rakendusi saab valmistada programmidega *Android Studio*, *XCode*, *Visual Studio* ja *Unity*. (PTC Inc., 2017)

Kõik markeeringud ja muud elemendid mida valmistatava rakendus kasutama hakkab väljaspool SDK-d tuleb lisada *Vuforia Target Management*-i. Kõikidele vajalikele teenustele saab ligi pärast seda, kui on tehtud kasutaja *Vuforia* lehel (<https://vuforia.com/>). Kui soovitud failid on sinna üles laetud saab sealt alla laadida tööriistakomplekti mis haldab kõiki soovitud välised andmed. On võimalik ka pilveteenuse kaudu salvestada pilte ja muud sellist ilma et peaks pildistamise hetkel kasutama personaalset arvutit. (PTC Inc., 2017)

Vuforia võimalused:

- Reaalsete objektide kasutamine markerina

Võimalik on skaneerida objekte ning lisada neid oma rakenduse andmebaasi.

Objektide all mõeldakse siin reaalseid esemeid, näiteks mänguasju või mudelautosid vms. Neid objekte saab kasutada markerina, ehk selle ümber saab lisada virtuaalseid elemente (Joonis 15), mis käituvad vastavalt markerile. Markeri pööramisel pöörab virtuaalne objekt markeri järgi. Väga keeruliste objektidega võib tekkida raskuseid. (PTC Inc., 2017)



Joonis 15. Reaalse objekti kasutamine markerina. Objekti peale kuvatakse virtuaalne kujutis ¹⁴

¹⁴ Allikas:

<https://static1.squarespace.com/static/53e60919e4b03dceff7a9f8b/t/5492a0a9e4b0d81b2418556d/1418895529671/>

- Piltide kasutamine markerina

Vuforia andmebaasi saab lisada igasuguseid pilte markeeringuteks. Ei pea piirduma ainult välja prinditud ikoonidega. Tihti kasutatakse seda müügi ajakirjades (Joonis 16), kus rakendust kasutades saab läbi seadme vaadelda ajakirja liitreaalsusega. (PTC Inc., 2017)



Joonis 16. Rakenduse kaudu toote video vaatamine ning ostmine ajakirjast reaalkajas ¹⁵

- Silindrilised objektid kui markerid

Pildid on tavaliselt ühtlasel pinnal olevad markeeringud rakenduse jaoks. *Vuforia* võimaldab markerina kasutada ka silindrilisi objekte (Joonis 17). Selle jaoks peab eraldi sisestama silindrilise või koonuselise objekti mõõdud ning need andmebaasi lisama koos pildiga. Seda kasutatakse enamasti topside, purkide ja pudelite markeerimiseks. On võimalik kasutada silindrilise objekti põhja ja pealmist osa kihina millele lisada liitreaalsust. (PTC Inc., 2017)

¹⁵ Allikas: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/53/78/e9/5378e9e491715821ef49bb351aa991bc.jpg>



Joonis 17. Silindrilise objekti kasutamisest markerina. Mõõtude arvestamine x, y ja z telge pidi ¹⁶

- Risttahuka kujuliste objektide markeerimine

Vuforia-le võib andmebaasi lisada ka risttahuka kujuliste objektide, näiteks kastide/karpide, andmeid. Sellisel juhul on võimalik lihtsalt kõiki kasti külgi samaaegselt jälgida ja muuta vastavalt soovile. Näiteks saaks hommikuhelveste karbile lisada liitreaalsusega reklaame ja muud sellist iga tahu peale. Ei tohi unustada, et liitreaalsus ei ole ainult virtuaalsed 3D objektid. Rakendusega vaadeldes karpi võib karbile täiesti uue disaini luua. (PTC Inc., 2017)

- *VuMark*-ide kasutamine liitreaalsuse rakenduses

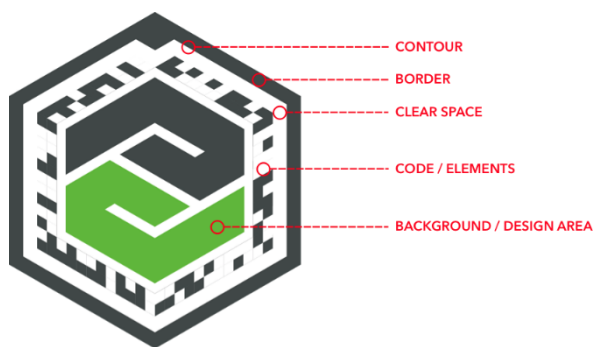
VuMark on järgmise generatsiooni triipkood mida saab kasutada *Vuforia*-ga valmistatud rakendustes. Sellega saab luua vabalt valitud brändiga koode toodetele ning samaaegselt töötab see kood ka liitreaalsuse markeeringuga. *VuMark*-i disain on täiesti kohandatav igale soovile nii, et on võimalik teha unikaalne *VuMark* igale tootele (Joonis 18). *VuMark*-ide ise valmistamiseks tuleb kasutada programmis *Adobe Illustrator* tööriista nimega *VuMark Designer*. Tööriista saab alla laadida *Vuforia* veebilehelt (<https://developer.vuforia.com/downloads/tool>) ning seejärel tuleb see lisada *Adobe Illustrator*-isse. Fail tuleb salvestada .SVG formaadis ning seejärel tuleb see üles laadida *Vuforia* veebilehe kaudu oma rakendusse. (PTC Inc., 2017)

Enne märkide valmistamist tuleb mõista kõiki elemente mis moodustavad kokku töötava märgi. Igal elemendil on oma roll disainis milleta rakendus ei saa aru koodist ning ei tööta samamoodi nagu tahetud. *VuMark*-idel on viis elementi mida peab jälgima: *Contour*, *Border*, *Clear Space*, *Code/Elements* ja *Background/Design Area*. (PTC Inc., 2017)

¹⁶ Allikas: https://vuforialibrarycontent.vuforia.com/Images/createtargets_cylinder_target_3D_augment.png



Joonis 18. Näited erinevatest VuMark-i disainidest ¹⁷



Joonis 19. VuMark-i erinevate elementide asukohad ja nimetused ¹⁸

- Järgnevad VuMark-i elementide kirjeldused (Joonis 19)
 - **Contour** - ehk kontuurjoon ei ole otseselt välja toodud märgi disainimisel. Pigem on see joon mis tekib kahe teise elemendi vahele milleks on *Border* ja *Clear Space*. Põhimõtteliselt määrab kontuurjoone kontrast kahe erineva värvi vahel ning selle järgi leiavad rakendused märgi sees oleva koodi. Rakendused hakkavad otsima VuMark-e kontuurjoone järgi ning seejärel hakkavad lugema informatsiooni mis jääb sellest sisse poole. (PTC Inc., 2016)
 - **Border** - ehk ääris või serv on kõige välimine osa märgil. Äärise järgi leitakse kontuurjoon ning ääris määrab märgile kuju. Nagu joonisel (Joonis 19) on ääriseks kuusnurk ning terve ülejäänud osa järgib selle ülesehitust. (PTC Inc., 2016)

¹⁷ Allikas:

https://vuforialibrarycontent.vuforia.com/Images/Vuforia_6_Images/DesignGuide/ExampleVuMarks.png

¹⁸ Allikas:

https://vuforialibrarycontent.vuforia.com/Images/Vuforia_6_Images/DesignGuide/DesignElements.png

- ***Clear space*** - ehk tühimik. Tühimik peab alati olema terve äärisel ulatuses selle kõrval. Peavad olema ka erinevat värvi, et oleks võimalik leida kontuurjoont jne. Tühimik võib olla nii sees- kui ka väljaspool äärist. (PTC Inc., 2016)
- ***Code/Elements*** - ehk kood või elemendid. See ala jääb alati nii äärisest kui ka tühimikust sisse poole. Siia alasse koostatakse kood mida rakendus loeb ja millest rakendus informatsiooni saab tegutsemiseks, näiteks mõne liitreaalsuse elemendi kuvamiseks. Iga koodi ala peab olema unikaalne. Kood koosneb heledatest ja tumedatest märkidest/aladest. Algoritmide kaudu oskab rakendus lugeda koodi märkide järjestusest ja mustrist. Kood koostatakse jagades heledad ja tumedad märgid enamvähem võrdselt ära vastavale alale. (PTC Inc., 2016)
- ***Background/Design area*** - Tausta ehk disaini ala on kiht kuhu pannakse kõik osad *VuMark*-ist mida ei kasutata informatsiooni saatmiseks rakendusse. See ala on puhtalt disaini jaoks mõeldud ning sellel puudub igasugune funktsionaalsus. Kui mõni firma kasutab oma rakenduses *VuMark* koode, siis sinna alasse saab sisestada näiteks firma logo. (PTC Inc., 2016)

- Videote kuvamine liitreaalsuses

Veel on võimalik *Vuforia* kaudu näidata videosi staatilises reaalses maailmas. Näiteks kasutades ajakirjas olevat reklaami pilti markerina on võimalik läbi rakenduse kuvada reklaami ka videona reaalses maailmas. Filmi posterid või plakatid täna saaksid kuvada läbi rakenduse kasutajale filmitreilerit. (PTC Inc., 2017)

- Virtuaalsete nuppude lisamine ja kasutamine liitreaalsusesse

Virtuaalsete nuppude paigaldamine muude elementide peale on samuti võimalik. Näiteks reklaamidele panna nupud külge, mis viiksid kasutaja ostmise lehele või lehele kus on pakutud veel rohkem informatsiooni soovitud artikli või toote kohta. (PTC Inc., 2017)

- *Smart Terrain* ja mida sellega teha saab

Smart Terrain on kõige lähem lahendus *Vuforia*-l markerita liitreaalsusele. *Vufori*-ga ei ole võimalik luua rakendusi, mis ilma ühegi markerita suudavad liitreaalsust millegiga siduda. *Smart Terrain* kasutab ühte markerit ning sellest markerist saab informatsiooni ülejäänud keskkonna kohta. See on mõeldud enamasti nutitelefonide mängude valmistamiseks, kus mänguväljaks on laud. *Smart Terrain*-i jaoks on loodud

näidis mida saab lisada oma SDK-sse. Selle nimi on *Penguin Smart Terrain Sample* ja see on mõeldud *Smart Terrain*-i funktsiooniparemini mõistmiseks. Mängu saab mängida iga laua peal juhul kui valitud marker on kaasas. Selle näite puhul on markeriks purk, mille järgi luuakse ülejäänud mängu keskkond (Joonis 20). Rakendus loob terve laua peale jäise pinna ning kõik muud objektid mis asuvad reaalses maailmas laua peal lähevad jäässe. Vajutades rakenduse ekraanil laua peale hakkab pingviin selle suunas liikuma (Joonis 21). Kõik reaalsed objektid salvestatakse rakenduse poolt ning nendest ei saa pingviini läbi liikuda. Lühidalt tuvastab *Smart Terrain* kõik reaalsed objektid läbi ühe kindla markeri ning talletab need virtuaalsel kujul. (PTC Inc., 2017)



Joonis 20. *Penguin Smart Terrain Sample* rakendus ehitamas mänguvälja ¹⁹



Joonis 21. Mänguväli on üles ehitatud ning mäng on valmis mängimiseks ²⁰

¹⁹ Allikas: <https://vuforia.librarycontent.vuforia.com/Images/2.6.6.1.png>

²⁰ Allikas: <https://vuforia.librarycontent.vuforia.com/Images/2.6.6.2.png>

2.2.1 Vuforia-ga tehtud lihtne test:

Alustuseks tegin uue projekti *Unity*-s ning nimetasin selle „*Vuforia_Test*“ nimega.

Seejärel kustutan hierarhiast objekti „*Main Camera*“, sest seda ei ole vaja.

Projekti lahtri alt teen parema klõpsu kaustal „*Assets*“, valin sealt „*Import Package*“ ning seejärel „*Custom Package...*“. Avanenud aknas navigeerin Vuforia SDK-ni (nimega „*vuforia-unity-6-2-10*“) ning valin selle vajutades „*Open*“ nupule. Kui see on ära laetud avaneb uus aken nimega „*Import Unity Package*“ ning vajutan „*Import*“ nupule.

Navigeerin projekti lahtris läbi „*Assets*“ kausta „*Prefabs*“ kaustani. *Assets/Vuforia/Prefabs* ning lohistan kaustast objekti nimega „*ARCamera*“ hierarhiasse.

Login Vuforia kasutaja sisse veebilehel <https://developer.vuforia.com/> ning vajutan menüüst „*Develop*“ nuppu. Jõudsin „*License Manager*“ lehele ning vajutan „*Add License Key*“ nuppu. „*Project Type*“ alt valin „*Development*“ ning nimeks panen „*Vuforia_test*“. Vajutan „*Next*“ nuppu ja seejärel „*Confirm*“ nuppu. „*License Manager*“ lehelt vajutan äsja tehtud „*Vuforia_test*“-ile ning kopeerin kuvatud võtme.

Menüüst valides „*Target Manager*“ navigeeritakse veebilehele „*Target Manager*“. Vajutan nuppu „*Add Database*“ ning määran nimeks „*marker*“ ja tüübiks jääb „*Device*“. Vajutan „*Create*“ nupule ning järgmisest aknast vajutan äsja tehtud „*marker*“-i peale. Vajutan nupule „*Add Target*“, lisan pildi faili „*marker.jpg*“, width lahtrisse kirjutun numbri 1 ja nimeks määran „*marker*“. Vajutan nupule „*Add*“ ning marker lisatakse andmebaasi. Järgmiseks laen andmebaasi alla vajutades „*Download Database (All)*“ nupule ning valin „*development platform*“-iks „*Unity Editor*“. Vajutan nupule „*Download*“.

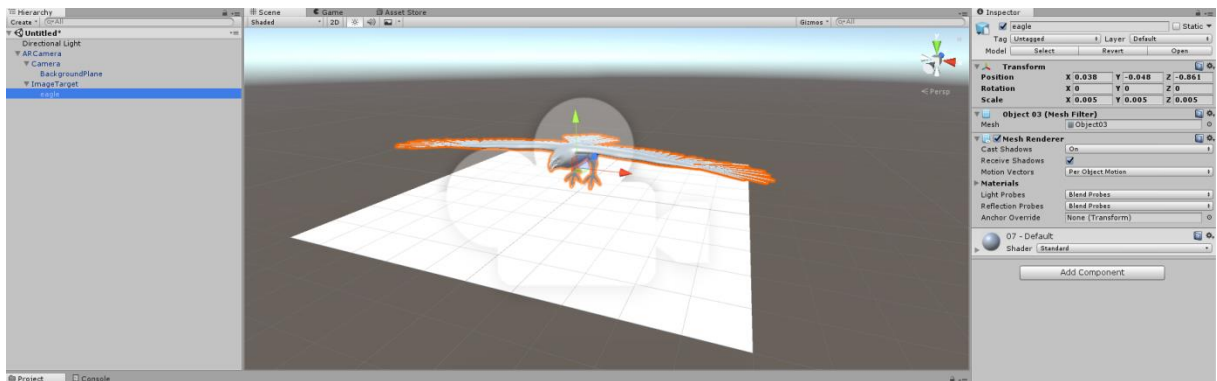
Unity-s teen hierarhia alt aktiivseks lisatud „*ARCamera*“. Inspector lahtrist vajutan nupule „*Open Vuforia Configuration*“. Kleebin kopeeritud võtme „*App License Key*“ lahtrisse.

Seejärel lisan alla laetud paki samamoodi nagu alguses lisasin Vuforia SDK. Parem klõps „*Arhiivi*“ kaustal ning seejärel „*Import Package*“ ja „*Custom Package...*“. Navigeerin allalaetud „*marker.unitypackage*“ juurde, valin selle, vajutan „*Open*“ ja uues aknas „*Import*“.

Teen hierarhia alt „*ARCamera*“ aktiivseks, vahetan „*World Center Mode*“-i väärtuse „*DEVICE_TRACKING*“-u vastu, vajutan „*Open Vuforia configuration*“ nupule, „*Dataset*“-i alt panen linnukesed „*Load marker Database*“ ja seejärel „*Activate*“ valikutele.

Eespool mainitud „Prefabs“ kaustast lohistan objekti nimega „ImageTarget“ hierarhias olevasse „ARCamera“-sse (lohistan selle peale). Avan „ARCamera“ all olevad objektid vajutades sellest vasakul olevale kolmurga/noole peale ning teen „ImageTarget“-i aktiivseks. „Inspector“ lahtris skripti „Image Target Behaviour (Script)“ alt muudan „Database“ väärtuse ära „marker“-iks.

Teen „Assets“ kaustal parema klõpsu, valin „Import new asset“, navigeerin enne allalaetud 3D objektini (eagle.3DS) ning vajutan „Import“ nupule. Lohistan uue objekti nimega „eagle“ hierarhias oleva „ImageTarget“-i sisse. Teen hierarhias elemendi „eagle“ aktiivseks ning „Inspector“ lahtrist positsioneerin soovitud asukohta muutes „Transform“-i väärtuseid. „Scale“ alt muudan kõik (X,Y ja Z) väärtused 0.005-ks. Paigutan 3D kotka „Image Target“-i peale „Scene“ lahtris ning vajutan lahtri peal olevale „Play“ nupule. Liigutan välja prinditud markeri veebikaamera vaatevälja ning sellele kuvatakse kotkas.



Joonis 22. Valmis Vuforia näite „Scene“ vaade ²¹



Joonis 23. Valmis Vuforia näite „Game“ vaade läbi veebikaamera ²²

²¹ Allikas: Autori tehtud

²² Allikas: Autori tehtud

2.3 Kudan

Kudan Computer Vision pakub arendajatele SDK-d, millega on võimalik luua liitreaalsust kasutavaid rakendusi nutiseadmetele. SDK, mida saab alla laadida firma veebilehelt, on eraldi jaotatud *IOS*-i, *Android*-i ja *Unity* jaoks. Sobib arendajatele, kes otsivad SDK-d mis võimaldab nii markeeringuga kui markeeringuta liitreaalsuse loomist. Riistvara SDK-ga töötamiseks on iga nutiseadme sees juba olemas. (Kudan, 2017)

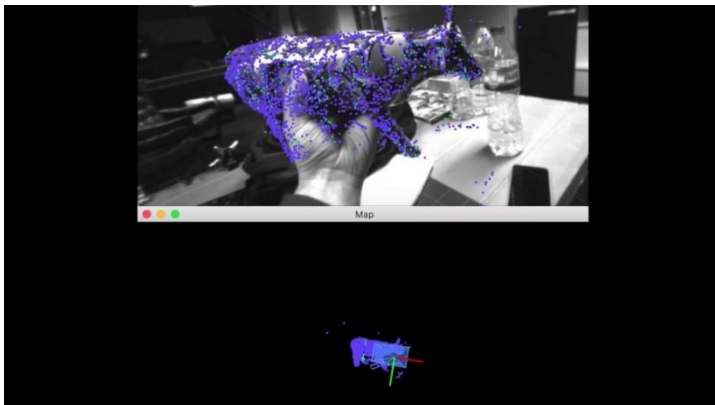
Terve *Kudan AR* SDK kasutamiseks tuleb nende veebilehel (<https://www.kudan.eu/>) kasutaja teha. Seejärel on võimalik alla laadida kõik vajalikud tarbed ning saab kasutada ka nende SDK-d korrektselt. SDK-s olevat virtuaalset kaamerat saab kasutada ainult registreeritud kasutaja. Selleks on vaja nende veebilehelt „API Key“-d ehk rakendusliidese võtit. Võtme saamiseks on igal arendamise platvormil nupp „Get Editor API Key“.

Kudan-i võimalused:

- SLAM-i tugi

Kudan-i suureks plussiks on see, et selle SDK-s on sisse ehitatud SLAM-i võimaldav mootor. See on piisavalt paindlik, et töötada üle erinevate mobiilsete- ning virtuaalreaalsuse platvormide. Ei ole vaja väga võimsat riistvara. (Kudan, 2017)

Simultaneous localization and mapping ehk **SLAM** – SLAM koosneb keerulistest algoritmidest, mille eesmärgiks on markeerida tundmatu keskkond ning salvestada markeeringute asukohad keskkonna uuenemisel (Joonis 24). Ehk kui kaamera kasutaja liigutab kaamerat toas ringi, siis tarkvara suudab tajuda ruumi enda ümber. SLAM on tehnoloogia mida kasutatakse liitreaalsuses, sest sellega ei ole markerid vajalikud. (Maxwell, 2013)



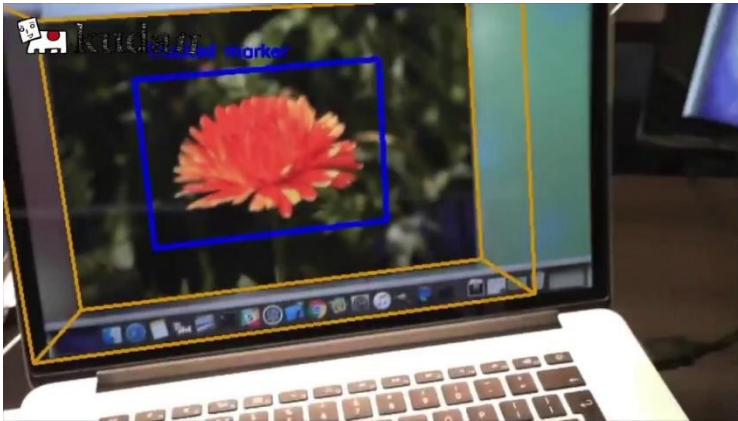
Joonis 24. Näide kuidas SLAM-i abil märgitakse kuju peale virtuaalsed punktid ²³

- Interneti ühenduse vajalikkus
Rakendused ei ole sõltuvad pilveteenuse ega serveri ühendusest. Kohesed tulemused rakenduses ilma internetiühendusest. (Kudan, 2017)
- Erinevate kaamerate tugi
SDK pakub tuge paljudele erinevatele kaameratüüpidele ning nende lisadele. Näiteks sügavuskaamerat vajavaid rakendusi on võimalik teha ilma ühegi lisatarvikuta. Samuti on SDK-l kõrge kvaliteediga visualiseerimise (*render*) tugi, mis võimaldab hea graafikaga 3D objektide sujuvat moonutamist reaalajas. (Kudan, 2017)
- Liitreaalsuse SDK-l on oma platvormi rakenduseliides nagu näiteks *ObjectiveC IOS*-i jaoks ning *Java Android*-i jaoks. (Kudan, 2017)

²³ Allikas: <https://i.ytimg.com/vi/P5dbrTNeobE/maxresdefault.jpg>

- Markeri moonutamine rakenduse poolt

Automatic Cropping võimaldab rakendusel võtta pildi kõige detailsema osa ning muuta markerit vastavalt sellele. Seda võimalust on hea kasutada piltide juures kus leidub palju segast informatsiooni (Joonis 25) või kus on paksud servad muutumatu informatsiooniga näiteks värviga. Markerit ennast ei lõigata selle funktsiooniga aga see aitab markeril olla täpsem kaamera liigutamisel. (Kudan, 2016)

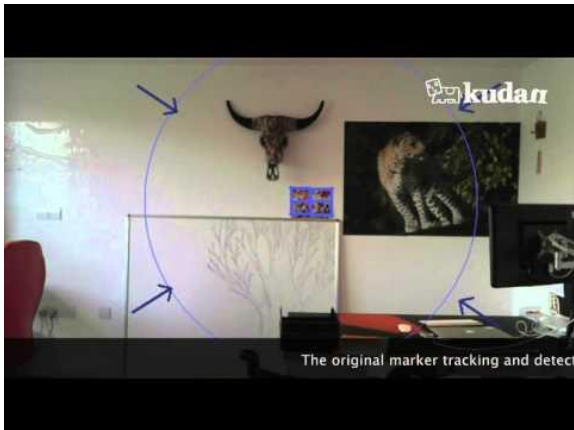


Joonis 25. Näide *Automatic Cropping*-ust, kus kollane kast on ümber originaalse markeri ning sinise ruudu, ehk lõigatud markeri, kuvab rakendus automaatselt ²⁴

- Markeri asukoha täpne jälgimine liikudes sellest kaugemale

Extended Tracking and Detection lubab kasutajal kaugemalt filmida ilma markeri kaotamiseta. Mida kaugemale markerist liikuda, sest väiksemaks see muutub ning seda raskem on rakendusel aru saada markerist. Selleks tekitab rakendus markeri ümber suurema virtuaalse markeri mille jälgimine on lihtsam kaugemalt ning jätab meelde, et õige marker on selle keskel (Joonis 26). Samuti jätab rakendus meelde markeri asukoha isegi kui selle ette tekib midagi, näiteks käsi või sõrm jääb filmides kaamera ette. Suurema markeri järgi mäletab programm selle kindlat asukohta ning suudab hetkega isegi kaugelt markeri asukohta tabada. (Kudan, 2016)

²⁴ Allikas: <https://i.ytimg.com/vi/hipgYOv8GWY/maxresdefault.jpg>



Joonis 26. Kuidas rakendus jälbib markerit kaugelt ²⁵

Kudan toetab kolme erinevat 3D formaati: OBJ (.obj), COLLADA (.dae) ning FBX (.fbx).

Kui soovitud mudel on mõnes teises formaadis, siis tuleb see üles laadida mõnda 3D-ga tegelevasse tarkvarasse ning sealt väljastada see õiges formaadis. Nendest kolmest formaadist on kõige soovituslikum FBX oma robustsuse poolest ning OBJ-i ei soovitata, sest sellel puudub tugi animatsioonidele. (Kudan, 2017)

²⁵ Allikas: <https://i.ytimg.com/vi/nO6YhhmRsTc/hqdefault.jpg>

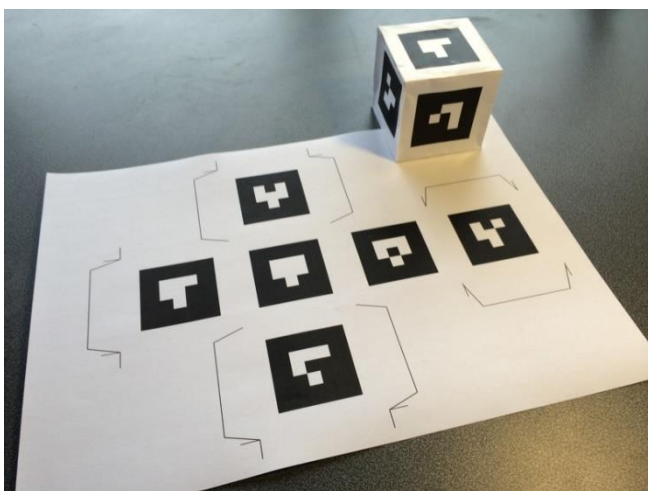
2.4 ARToolKit

ARToolKit on tarkvara millega on võimalik kergesti arendada liitreaalsust kasutavaid rakendusi. Selle projekti lähtekood asub *GitHub*-is ja kõik SDK-d on saadaval allalaadimise veebilehel (<https://artoolkit.org/download-artoolkit-sdk>). SDK-d on saadaval mitmele erinevale platvormile: *OS X*, *UWP*, *iOS*, *Android*, *Linux* ning *Windows 8.1 (Phone + Store)*. Kui kasutaja kasutab SDK-d *Unity* mängumootoris, siis selle jaoks on veel eraldi komplekt saadaval kuhu on lisatud terve projekt koos näite allikaga. *Unity* lisatööriistade jaoks on veel eraldi allalaetav komplekt. Kõik on saadaval samal veebilehel. Iga individuaalse platvormi allalaetavas pakendis on kaasas lühiõpetus ning näidiskrakendus, mis aitab algust teha oma rakenduse arendamisel. (ARToolKit, 2015)

ARToolKit-i võimalused:

- Mitme markeri samaaegne jälgimine

Multimarker Tracking ehk mitme markeri jälgimine. *ARToolKit*-is ei ole selle tähendus lihtsalt mitme markeri samaaegne jälgimine, vaid mitme markeri samaaegne jälgimine ühe kindla objekti küljes (Joonis 27). *ARToolKit*-i rakendusliideses on *Multimarker Tracking*-ule spetsiaalne tugi, mis aitab kaasa liitreaalsuse stabiilsusele ja jõudlusele. *Multimarker Tracking* sobib hästi liikuvatele objektidele millele saab igale küljele lisada markeri. Näiteks kuubiku igale tahule lisada marker ning kuubiku veeretamisel suudab rakendus jälgida markereid isegi kui need kaovad kaamera vaateväljast. (ARToolKit, 2016)



Joonis 27. Ruutmarkeritest tehtud kuubik ²⁶

²⁶ Allikas: https://artoolkit.org/documentation/lib/exe/fetch.php?cache=&media=example_multimarker_cube.jpg

- *ARToolKit* toetab mitmeid erinevaid markeri tüüpe
ARToolKit kasutab arvutinägemist, et kalkuleerida reaalse kaamera positsiooni ning orientatsiooni vastavalt ruudu kujulistele kujutistele või lamedatele pindadele, mille abil suudab rakendus paigutada virtuaalsed objekte. Hetkel toetab *ARToolKit* järgmiseid markereid: klassikaline ruut marker, 2D triipkood, *multimarker*, NTF. Toetab ka kõikide eelnevalt nimetatud markerite kombinatsioone. (ARToolKit, 2015)
- *ARToolKit* toetab nii video kui ka optilist läbinähtavat liitreaalsust. Mõlemad on seotud peakomplektide võimalustega. Video läbinähtav liitreaalsus on see, kus kasutajale kuvatakse videot päris maailmast ning sellele videole lisatakse kihtidena liitreaalsust (Joonis 28). Selle alternatiiviks on optiline läbinähtav liitreaalsus. See kuvab kasutajale virtuaalseid objekte otse päris maailma peale, või vähemalt see tundub nii olevat. Kasutaja kannab peakomplekti, kus kasutaja silmade ees on läbipaistvad ekraanid millele kuvatakse liitreaalsust. (ARToolKit, 2015)



Joonis 28. Kasutatakse *multimarker*-it (kuubikut) laseri positsioneerimiseks. Kasutusel on peakomplekt²⁷

2.4.1 *ARToolKit*-iga tehtud lihtne test:

Alustuseks tein uue projekti *Unity*-s ning nimetasin selle „*ARToolKit_Test*“ nimega. Seejärel kustutan hierarhiast objektid „*Main Camera*“ ja „*Directional Light*“, sest neid ei ole vaja.

Projekti lahtri alt teen parema klõpsu kaustal „*Assets*“, valin sealt „*Import Package*“ ning seejärel „*Custom Package...*“. Avanenud aknas navigeerin *ARToolKit*-i SDK-ni (nimega „*ARUnity5-5.3.2*“) ning valin selle vajutades „*Open*“ nupule. Kui see on ära laetud avaneb uus aken nimega „*Import Unity Package*“ ning vajutan „*Import*“ nupule.

²⁷ Allikas: <https://pbs.twimg.com/media/CqjmSYxVMAA9fPV.jpg>

Teen parema klõpsu hierarhias ning valin „*Create Empty*“. Tekkis uus element, teen parema klõpsu uuel elemendil ning valin „*Rename*“ ja muudan nime ära „*ARToolkit*“-iks. Teen „*ARToolkit*“-il parema klõpsu ning valin jälle „*Create Empty*“ ning muudan selle nime ära „*Scene root*“-iks. Teen „*Scene root*“-il parema klõpsu ning muudan selle nime „*Marker*“-iks. Teen jälle „*Scene root*“-il parema klõpsu ning valin „*Camera*“. On tekitatud mitu erinevat elementi üksteise sisse.

Navigeerin „*Assets*“ kaustas „*ARToolkit5-Unity*“ kausta ning sealt edasi „*Scripts*“ kausta. Lohistan skriptid nimega „*ARController Import Settings*“ ja „*ARMarker*“ hierarhias olevasse elementi „*ARToolkit*“, skripti nimega „*AROrigin*“ hierarhias olevasse elementi „*Scene root*“, skripti nimega „*ARTrackedObject Import Settings*“ hierarhias olevasse elementi „*Marker*“ ning skripti nimega „*ARCamera*“ hierarhias olevasse elementi nimega „*Camera*“.

Teen hierarhias oleva elemendi „*ARToolkit*“ akviiseks ning valin „*Inspector*“ lahtrist „*Layer*“-i väärtuseks „*AR background*“ (avanevad akas valin „*No, this object only*“). „*ARMarker (Script)*“-i alt kirjutan „*Marker tag*“-i lahtrisse „*marker1*“ ja valin „*Pattern file*“-ks „*patt.kanji*“.

Teen hierarhias aktiivseks „*Scene root*“ elemendi ning muudan selle „*Layer*“-i väärtuseks „*AR foreground*“ (avanenud aknas valin „*Yes, change children*“).

Teen hierarhias aktiivseks „*Marker*“-i ning kirjutan „*Marker tag*“-i väärtuseks „*marker1*“ (sama nagu „*ARToolkit*“ elemendis).

Teen hierarhias aktiivseks „*Camera*“ elemendi ning muudan „*Culling Mask*“-i väärtuse „*AR foreground*“-iks. Kõikidelt teistelt väärtustelt võtan linnukese eest ära.

Teen „*Assets*“ kaustal parema klõpsu, valin „*Import new asset*“, navigeerin enne allalaetud 3D objektini (*eagle.3DS*) ning vajutan „*Import*“ nupule. Lohistan uue objekti nimega „*eagle*“ hierarhias oleva „*Marker*“-i sisse. Teen hierarhias elemendi „*eagle*“ aktiivseks ning „*Inspector*“ lahtrist positsioneerin soovitud asukohta muutes „*Transform*“-i väärtuseid. „*Scale*“ alt muudan kõik (X,Y ja Z) väärtused 0.002-ks. Muudan „*eagle*“ elemendi „*Layer*“ väärtuseks „*AR foreground*“-i. Paigutan 3D kotka soovitud asendisse „*Scene*“ lahtris ning vajutan lahtri peal olevale „*Play*“ nupule. Liigutan välja prinditud markeri veebikaamera vaatevälja ning sellele kuvatakse kotkas.



Joonis 29. Valmis *ARToolkit*-i näite „Scene“ vaade ²⁸



Joonis 30. Valmis *ARToolkit*-i näite „Game“ vaade läbi veebikaamera ²⁹

²⁸ Allikas: Autori tehtud

²⁹ Allikas: Autori tehtud

2.5 BuildAR

BuildAR on programm liitreaalsuse loomiseks. Rakendus kasutab lihtsaid markereid, et paigutada virtuaalsed 3D objektid nende peale. (BuildAR, 2017)

Esimene versioon *BuildAR*-ist väljastati aastal 2008. Algne versioon võimaldas kasutajale algseid funktsioone millega valmistada liitreaalsuse stseen. Nendeks võimalusteks olid ühe 3D mudeli kinnitamine ühe markeri peale ning nende mudelite paigutamine kasutades graafilisi tööriistu või lihtsat kasutajaliidest. See versioon *BuildAR*-ist on jäänud tänapäevani isiklikuks kasutuseks tasuta. Võimalik on soetada endale tasuline versioon programmist nimega *BuildAR Pro*, mis on mõeldud kommertskasutuseks. (BuildAR, 2017)

Originaalset *BuildAR*-i on liitreaalsuse huviliste seas laialdaselt kasutatud. Paljud õpilased ning ka õpetajad on kasutanud programmi kommerts ideede prototüüpimisel (Joonis 31). (BuildAR, 2017)



Joonis 31. Lapsed kasutamas *BuildAR*-i liitreaalsuse loomiseks³⁰

BuildAR-i tasuta versioon on vägagi primitiivne võrreldes teiste liitreaalsusega seotud rakendustega. *BuildAR* on iseseisev programm ning ei vaja ühtegi lisa komplekti liitreaalsuse loomiseks. (BuildAR, 2017)

2.5.1 *BuildAR*-iga tehtud lihtne test

Alustuseks laen tasuta versiooni programmist alla veebilehelt

<http://www.buildar.co.nz/download-manager/> ning paigaldan selle arvutisse.

Programm tööle pannes avaneb aken nimega „Property Sheet Properties“. „Frame Rate“ väärtuseks panen 30 ning „Output Size“ väärtuseks 640x480. Vajutades „OK“ nupule avaneb programm.

Vasakul olevas „Scene Tree“ lahtris on näha elemente. Elementide hulka kuuluvad ka „Markers“ elemendid, nende sisse kuuluvad piltidena markerid ja markerite sisse kuuluvad 3D objektid. Vaikimisi on iga markeri küljes 3D kuubik.

³⁰ Allikas: http://www.buildar.co.nz/wp-content/uploads/2010/05/buildar_free_1.jpg

Vajutades tööriistade juurest „Add Marker“ nuppu avaneb uus aken ning valin seal faili nimega „kanji.patt“. Markerile valin „Marker type“-i juures väärtuseks „single“ ja vajutan „OK“ nuppu.

„Scene Tree“-s tekkis elemendile „Markers“ uus alamelement nimega „kanji“. Vajutades „+“ märki elemendi „kanji“ kõrval kuvatakse sellele kuuluva 3D objekt element. Hetkel markerit veebikaamera vaateväljas hoides tekib sellele kuubik. Tehes topelt klõps 3D objekti elemendil navigeerin varem allalaetud 3D objekti „eagle“ juurde ning vajutan „Open“. Markerit veebikaamera ette liigutades tekib selle kohale kotkas.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli tutvustada lugejale vabavaralisi lahendusi lihtsa liitreaalsuse rakenduse loomiseks. Lisaks sai selgitatud ka erinevad liitreaalsuse tüübid, nende tüüpide paremini mõistmiseks toodi näited valmis rakendustest. Töö käigus valiti välja neli vabavaralist lahendust ning nendest kolme, mitte nii sarnase, tarkvaraga kirjeldati lihtsat näidet liitreaalsuse stseeni loomisest.

Autor tutvus mitmete erinevate vabavaraliste lahendustega liitreaalsuse loomiseks. Osadel tarkvaradel oli palju rohkem võimalusi, kuid lihtsateks näideteks, kus ühe markeri abil lisada reaalsele kujutisele virtuaalne 3D objekt külge, sobisid kõik. Tänapäeval ei ole vaja maksta suuri summasid, et luua liitreaalsust. Vabavaraliselt on vägagi võimalik luua rakendusi mis on suutelised konkureerima mõnede vanemate liitreaalsuse olemasolevate rakendustega.

Autor soovib huvi korral kasutada *Vuforia* tarkvara, sest sellel tundub olevat kõige parem kasutajatugi nendest välja valitud neljast ning väga lihtne on kasutada mitmes erinevas rakenduses samu elemente. *Vuforia* arendajate portaali kaudu on võimalik talletada kõik markerid ühe failina ning selle faili lisamine uude rakendusse ei nõua mingit pingutust. Kui on soovi luua markerita liitreaalsust, siis on parem kasutada *Kudan*-i, sest sellel on sisse ehitatud SLAM, mis võimaldab vägagi täpselt paigutada 3D objekte oma rakenduses vastavalt reaalsele pinnale.

Kasu võiks antud bakalaureusetööst saada inimesed kellel on huvi liitreaalsuse vastu ning kellel on soovi lisada rakendustesse liitreaalsust. Üheks tulemuseks võiks olla ka lugeja huvi tõstmine liitreaalsuse vastu. Kui piisavalt paljudel inimestel tekib huvi selle teema vastu, siis tulevikus saaks liitreaalsuse temaatikat lisada õppetöösse. On juba olemas õppeained, kus õpilased õpivad rakenduste tegemist. Edaspidi saaksid liitreaalsusest huvitatud õpilased ise oma rakendusi arendada.

Summary

Title: Freeware Solutions for Creating Augmented Reality

The aim of this Bachelor thesis was to introduce freeware solutions for creating a simple augmented reality application. In addition, different types of augmented reality was introduced and for a better understanding of those types some examples were given. In the course of the introduction, four freeware software solutions were chosen and a simple test for creating an augmented reality scene was explained in detail with three of those softwares.

The author came by many freeware solutions for creating augmented reality. Some softwares had a lot more features than others, but all of them were capable of creating a scene where a single 3D virtual object could be connected to a single real marker. Nowadays there is no need to pay a huge sum of money to create augmented reality. Freeware software produced applications are more that capable of competing with older existing augmented reality applications.

From the chosen softwares, the author recommends using the Vuforia software, because it seems to have the best developer support out of those four and it is really easy to use the same elements in different applications through their developer portal. Their developer portal allows developers to save all their markers in one file and implementing that file into a new application is very simple. But if the developer wants to create a markerless augmented reality application, then the author recommends Kudan, because it has SLAM implemented into its SDK. This lets the developer place exact 3D objects onto real surfaces wihtin the application without any markers.

This Bachelor thesis could be beneficial to peolple who are interested in the subject of augmented reality and who want to implement it into their applications. One of the results for this thesis, is that it will inspire people to want to know more about augmented reality. If enough people are intrigued by this subject, then it could be implemented into a schools program. There already are classes where students are taught how to create applications. From now on students who are interested in augmented reality could be taught how to create applications with it.

Kasutatud kirjandus

Accuvein. (kuupäev puudub). *About Accuvein*. Allikas: Accuvein:

<http://www.accuvein.com/about-us/company-info/>

ARToolKit. (05. 06 2015. a.). *ARToolKit Documentation*. Allikas: ARToolKit:

<https://artoolkit.org/documentation/>

ARToolKit. (27. 11 2016. a.). *Multimarker Tracking*. Allikas: ARToolKit:

https://artoolkit.org/documentation/doku.php?id=3_Marker_Training:marker_multi

Augment. (kuupäev puudub). *How augmented reality works*. Allikas: Augment:

<http://www.augment.com/how-augmented-reality-works/>

Bonsor, K. (19. 02 2001. a.). *How Augmented Reality Works*. Allikas: How Stuff Works:

<http://computer.howstuffworks.com/augmented-reality1.htm>

Broussard, M. (26. 01 2017. a.). *Google Translate Updates Mobile App With Live 'Word Lens' Japanese Translations*. Allikas: MacRumors:

<https://www.macrumors.com/2017/01/26/google-translate-word-lens-japanese/>

BuildAR. (2017). *BuildAR Free Version Tutorial*. Allikas: BuildAR:

<http://www.buildar.co.nz/buildar-free-version/>

BuildAR. (2017). *What is BuildAR?* Allikas: Buildar: <http://www.buildar.co.nz/home/what-is-buildar/>

Kudan. (25. 11 2016. a.). *Automatic Cropping*. Allikas: Kudan Wiki:

https://wiki.kudan.eu/Automatic_Cropping

Kudan. (25. 11 2016. a.). *Extended Tracking and Detection*. Allikas: Kudan Wiki:

https://wiki.kudan.eu/Extended_Tracking_and_Detection

Kudan. (07. 02 2017. a.). *3D Models*. Allikas: Kudan Wiki: https://wiki.kudan.eu/3D_Models

Kudan. (2017). *AR SDK Features*. Allikas: Kudan: <https://www.kudan.eu/kudan-sdk-features/>

Kudan. (2017). *Kudan Computer Vision*. Allikas: Kudan: <https://www.kudan.eu/>

- Maxwell, R. (15. 01 2013. a.). *Robotic Mapping: Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)*. Allikas: GIS Lounge: <https://www.gislounge.com/robotic-mapping-simultaneous-localization-and-mapping-slam/>
- O'Brien, A. (28. 03 2017. a.). *Facebook Copies Snapchat Again by Putting Augmented Reality Camera Filters in the Main Facebook App*. Allikas: Mobile AR reality news: <https://mobile-ar.reality.news/news/facebook-copies-snapchat-again-by-putting-augmented-reality-camera-filters-main-facebook-app-0176776/>
- Palm, H. O. (09. 09 2014. a.). *Riigikogu Kantselei õigus- ja analüüsisiosakond teemal ... Liitreaalsus*. Allikas: Riigikogu: https://www.riigikogu.ee/wpcms/wp-content/uploads/2015/01/Teemaleht_14_2014.pdf
- PTC Inc. (2016). *VuMark*. Allikas: Vuforia Developer Library: <https://library.vuforia.com/articles/Training/VuMark>
- PTC Inc. (2017). *Features*. Allikas: Vuforia: <https://vuforia.com/Features>
- RealityTechnologies. (kuupäev puudub). *Augmented reality*. Allikas: Reality Technologies: <http://www.realitytechnologies.com/augmented-reality>
- Ridden, P. (14. 06 2013. a.). *IKEA augmented reality catalog app*. Allikas: Newatlas: <http://newatlas.com/ikea-augmented-reality-catalog-app/28703/>
- Sharpened Productions. (15. 04 2010. a.). *SDK*. Allikas: TechTerms: <https://techterms.com/definition/sdk>
- Tundmatu. (18. 10 2008. a.). *Paul Milgram and Fumio Kishino: Virtuality Continuum*. Allikas: e-Reality: <https://erealityhome.wordpress.com/2008/10/18/paul-milgram-and-fumio-kishino-virtuality-continuum/>
- Williams II, D., & Chianetta, J.-F. (2016). *Augment's Essential Guide to Augmented Reality*. Augment.
- Williams, G. (13. 05 2016. a.). *'Pokemon Go' takes world by storm, but sparks controversy*. Allikas: Fox News: <http://www.foxnews.com/tech/2016/07/13/pokemon-go-takes-world-by-storm-but-sparks-controversy.html>