

**Lisätyn todellisuuden hyötykäyttö vähittäiskaupassa sekä sen
soveltaminen mobiililaitteeseen**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Tietojenkäsittely monimuoto

Kevät, 2019

Patrik Grönholm

Tietojenkäsittely
Visamäki

Tekijä	Patrik Grönholm	Vuosi 2019
Työn nimi	Lisätyn todellisuuden hyötykäyttö vähittäiskaupassa sekä sen soveltaminen mobiililaitteeseen	
Työn ohjaaja/t	Lauri Salminen	

TIIVISTELMÄ

Lisätty todellisuus ja erityisesti mobiili lisätty todellisuus on viime aikoina saavuttanut suurta suosiota ei ainoastaan pelikäytössä, vaan myös hyötykäytössä. Googlen ja Applen julkaisemat lisätyn todellisuuden ohjelmistokirjastot ovat tehneet sovellusten kehityksestä vielä helpompaa, ja nykyään julkaistaan erittäin paljon lisättyyn todellisuuteen perustuvia sovelluksia.

Opinnäytetyön tarkoitus oli käsitellä lisättyä todellisuutta ja sen käyttömahdollisuuksia vähittäiskaupassa sekä tehdä sovellus joka helpottaisi kaupan asiakasta tekemään ostopäätöksensä. Sovelluksen kehitysalustana oli Unity-pelimoottori ja siihen integroitu Vuforia-ohjelmistokehitysympäristö. Opinnäytetyön tilaajana toimi Aatos Media OY.

Opinnäytetyössä käsitellään myös lisätyn todellisuuden teoriaa, sen historiaa, käyttöalueita sekä tulevaisuuden käyttömahdollisuuksia.

Unity sekä Vuforia soveltuvat hyvin pienimuotoisen sovelluksen tekoon. Vuforian pilvipalvelutunnistuksessa on kuitenkin omat rajoitteensa, jotka aiheuttivat ongelmia tämän sovelluksen kehityksessä, eikä se välttämättä ole paras vaihtoehto tällaisen sovelluksen tekoon.

Avainsanat Lisätty todellisuus, AR, Unity, Vuforia, Android

Sivut 35 sivua

Degree Programme in Business Information Technology
Visamäki

Author	Patrik Grönholm	Year 2019
Subject	Use of Mobile Augmented Reality (AR) Applications in Retail Stores	
Supervisors	Lauri Salminen	

ABSTRACT

Augmented reality and especially Mobile Augmented Reality is the new trend not just in gaming but also in many other areas as well. Since Google and Apple released their own AR software development kits, there has been a constant increase in published AR related games and applications.

The goal of this thesis was to investigate and develop an augmented reality application using the Unity-game engine and its integrated Vuforia AR-library as development platforms. The application will help customers in making buying decisions in retail stores. The commissioner of this thesis was Aatos Media OY.

The thesis also contains the theory and history of augmented reality, its practical uses and a glimpse into how the future of augmented reality will look like.

Unity and Vuforia are both well suited for making a demonstrative mobile application. The Vuforia Cloud Recognition service does still have some limitations, which made the application development somewhat cumbersome.

Keywords Augmented reality, AR, Unity, Android, Vuforia

Pages 35 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LISÄTTY TODELLISUUS (AR).....	3
2.1	Teoria.....	3
2.1.1	Virtuaalinen todellisuus (VR)	3
2.1.2	Laajennettu todellisuus (MR)	4
2.1.3	Virtuaalinen jatkumo	4
2.1.4	Lisätyn todellisuuden toimintaperiaate	4
2.1.5	Lisätyn todellisuuden tunnistusmenetelmät.....	5
2.2	Historia	6
2.3	Käytettävät laitteet	10
2.3.1	Päässä pidettävät laitteet	10
2.3.2	Muut laitteet	11
2.4	Mobiili AR	11
2.5	Käyttökohteet.....	12
2.5.1	Opetuskäyttö	12
2.5.2	Lääketeollinen käyttö	12
2.5.3	Sotilaallinen käyttö	13
2.5.4	Kaupankäynti	13
2.5.5	Pelit.....	14
2.5.6	Teollisuus ja rakennus	15
2.5.7	Muut käyttökohteet	16
2.6	Tulevaisuus.....	16
3	KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT JA JÄRJESTELMÄT	18
3.1	Unity	18
3.1.1	Lisensointi	18
3.1.2	Editori	18
3.2	Vuforia.....	19
3.2.1	Lisensointi	19
3.2.2	Pilvitunnistus (Cloud Recognition)	20
3.2.3	Vuforia Web Services.....	20
3.2.4	Käytettävissä olevat tunnisteet	20
3.3	Android.....	21
3.4	MySQL / MariaDB.....	21
4	TOTEUTUS.....	22
4.1	Toimintaidean hahmottaminen	22
4.2	Arkkitehtuuri	22
4.3	Pilvitietokannan luominen sekä testituotteiden lisäys	24
4.4	Paikallinen tietokanta.....	25
4.5	Verkkosivukäyttöliittymä tuotetietojen päivittämiseen	26
4.5.1	Uuden tuotteen lisääminen.....	26
4.5.2	Tuotteen lisääminen Vuforian pilvipalveluun	27
4.6	Käyttöliittymä.....	30

4.7	Sovelluksen toiminta	30
4.7.1	Hierarkia	30
4.7.2	Hakumenetelmä Unityssä	31
4.7.3	Hakumenetelmä palvelinpuolella.....	32
4.7.4	Ongelmatilanteet.....	33
4.8	Ohjelman kääntäminen Android alustalle	33
5	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	37

KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT

AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus.
VR	Virtual Reality, virtuaalinen todellisuus.
MR	Mixed Reality, laajennettu todellisuus.
API	Application Programming Interface, ohjelmointirajapinta.
REST	Representational State Transfer, arkkitehtuurimalli ohjelmointirajapintojen toteuttamiseen.
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor, ohjelmointikieli.
JSON	JavaScript Object Notation, tiedonvälityksen tiedostomuoto.
C#	Ohjelmointikieli.
SDK	Software development kit, ohjelmistokehitysympäristö.
XAMPP	Paikallinen verkkopalveluratkaisu.
QR-koodi	Kaksiulotteinen kuviokoodi.
Unity	Pelimoottori.
Vuforia	Ohjelmistokehitysympäristö.
Game Object	Peliobjekti, Unity editorissa oleva säiliö jolla rakennetaan ohjelmaan logiikkaa ja toiminnallisuutta.
Scene	Unity editorissa käytettävää näkymää.
POST	Metodi tai pyyntö jossa pyydetään palvelinta vastaanottamaan dataa.
VWS	Vuforian verkkopalvelut.

1 JOHDANTO

Lisätty todellisuus (AR) on käsitteenä jo aika tunnettu, ja viime aikoina sen kehitys erityisesti mobiililustoille on lisääntynyt. Mobiililaitteiden yleistyminen ja tekniikan kehittyminen on saanut sovelluskehittäjät kiinnostumaan aiheesta, ja nykyään kilpailu juuri sovellusmarkkinoilla on kova. Lisätyn todellisuuden ongelmana on ollut sen vakavasti ottamisessa. Yleinen luulo on, että lisätty todellisuus on pelkkä leikkikalua jolla saa hirviöitä pomppimaan ruudulla, eikä siitä ole mitään konkreettista hyötyä. Tämä harhaluulo on pikkuhiljaa muuttumassa, koska lisätyn todellisuuden käyttöalue on paljon laajempi, kun luullaan.

AR-teknologiaa on jo pitkään käytetty lääketieteessä, opetuksessa sekä so-tilaallisessa käytössä. Pelimaailmassa AR-teknologiaa käytetään lisäämään peliin oikean maailman tuntua.

Opinnäytetyön asiakkaana on Aatos Media, joka tarjoaa digitaalisen median palveluja yli 10-vuoden kokemuksella. He tekevät verkkosivuja, kehittävät mobiilisovelluksia sekä auttavat asiakkaitaan samaan lisänäkyvyyttä hakukoneissa. Asiakas haluaa sovelluksen lopputuloksesta viimeistellyn, käyttöliittymältään näyttävän prototyypin, johon liittyy mahdollinen business-case.

Työn tarkoituksena on tehdä mobiilisovellus joka käyttää hyväkseen AR-teknologiaa tavalla joka auttaa käyttäjää tekemään ostopäätöksensä kaupassa. Sovellus näyttää tuotteesta mahdolliset käyttäjäarvot sekä tuotetiedot. Käyttäjä voi myös lisätä haluamansa tuotetiedot tuotevertailuun. Sovelluksen kehitykseen käytetään Unity-pelimootoria ja sen AR-osuus toteutetaan Vuforia-ohjelmistokehitysympäristöllä, joka on integroitu suoraan Unity-pelimootoriin. Sovellus tunnistaa tuotteessa olevan QR-koodin tai muun vastaavan tunnisteiden, ja hakee tarvittavat tiedot tietokannasta. Palvelimelle rakennetaan tarkoitusta varten tietokanta, jossa on tarvittavat tuotetiedot. Sovellus tullaan testaamaan Android laitteella.

Teoriaosuudessa käydään läpi lisätyn todellisuuden yleisemmät käsitteet. Sen historiaa, teoriaa sekä käyttökohteita. Tämän jälkeen käydään läpi käytettyjä ohjelmistoja sekä järjestelmiä. Toteutusosassa kerrotaan hieman sovelluksen kehityskaaresta sekä mahdollisista ongelmista. Yhteenvedossa käydään vielä läpi mietteitä opinnäytetyön tuloksista.

Seuraaviin tutkimuskysymyksiin etsitään vastauksia:

- Miten toteutetaan mobiililaitteella käytettävä lisätyn todellisuuden palvelu?
- Miten tuotehyllyllä olevat tuotteet ”nähdään” AR-sovelluksessa.

- Miten tuotteiden takana oleva tieto voidaan soveltaa AR-sovelluksessa niin että niistä olisi hyötyä?

2 LISÄTTY TODELLISUUS (AR)

Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) on teknologia jolla pyritään tehostamaan todellista ympäristöä tietokoneella tehdyillä elementeillä kuten kuvilla, äänillä, videoilla, tekstillä tai GPS-tiedoilla (Shueffel 2017). Lisättyä todellisuutta verrataan yleensä virtuaaliseen todellisuuteen (Virtual Reality, VR), mutta niiden ero on kuitenkin selkeä. Lisätyssä todellisuudessa käyttäjä näkee todellisen ympäristön, johon on lisätty jotain tietokoneella tehtyä materiaalia, kun taas virtuaalisessa todellisuudessa käyttäjää ympäröi täysin tietokoneen tekemä maailma (Sinicki 2017).

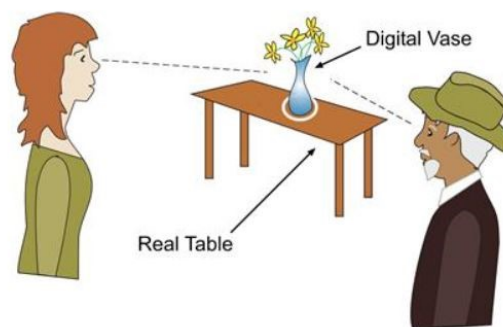
Tästä lähtien käytettäessä lyhennettä AR, tarkoitetaan lisättyä todellisuutta ja VR, kun tarkoitetaan virtuaalista todellisuutta.

2.1 Teoria

Azuma (1997, 2) määrittelee lisätyn todellisuuden kolmen ominaisuuden avulla:

- Yhdistää virtuaalista ja todellista.
- On interaktiivinen reaaliajassa.
- Rekisteröidään kolmiulotteisesti.

Craig (2013) tarkentaa määritystä seuraavasti: Todellisen ympäristön päälle lisätään digitaalista informaatiota, ja tämä näkymä näytetään käyttäjälle. Käyttäjä voi esimerkiksi muuttamalla kuvakulmaa saada lisätyn todellisuuden informaation muuttumaan sen mukaan, kun hän siirtää kuvakulmaa. Esine pysyy kuitenkin samassa paikassa, riippumatta mistä kulmasta esinettä seurataan (Kuva 1).



Kuva 1. Pöydällä oleva maljakko näkyy kummankin henkilön kuvakulmasta. (Craig 2013. Fig. 1.25)

2.1.1 Virtuaalinen todellisuus (VR)

Yleisesti luullaan, että lisätty todellisuus on sama kuin virtuaalinen todellisuus. Kuten yllä mainittiin, niiden ero on kuitenkin varsin selkeä. VR-kokemus tapahtuu täysin synteettisessä ympäristössä. Kaikki informaatio

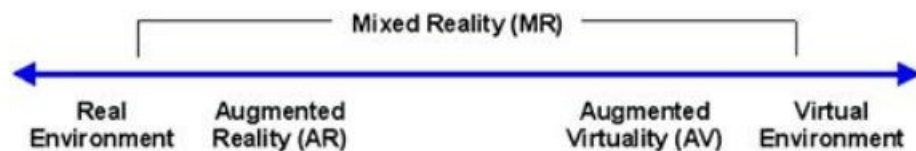
mitä käyttäjä näkee tai kuulee virtuaalisessa maailmassa, on digitaalisesti toteutettu, eikä mikään ole todellista. (Craig 2013).

2.1.2 Laajennettu todellisuus (MR)

Craig (2013) määrittelee laajennetun todellisuuden (Mixed Reality, MR) seuraavasti: Laajennettu todellisuus on yhdistelmä fyysistä ja digitaalista maailmaa. Laajennetussa todellisuudessa yhdistetään parhaat osat virtuaalisesta- ja lisätystä todellisuudesta. Käyttäjä näkee todellisen ympäristön, sekä näkee myös samalla uskottavia virtuaalisen todellisuuden esineitä. Nämä esineet kiinnitetään sitten todelliseen maailmaan, jonka jälkeen niitä voidaan kutsua ns. ”oikeiksi” esineiksi.

2.1.3 Virtuaalinen jatkumo

Virtuaalinen jatkumo määriteltiin erottamaan lisättyä- sekä virtuaalista todellisuutta, mutta kuitenkin näyttämään niiden samankaltaisuutta. (Migram, Takemura, Utsumi & Kishino 1994, 2.) Laajennettu todellisuus, lisätty todellisuus sekä virtuaalinen todellisuus kuuluvat kaikki virtuaaliseen jatkumoon (Kuva 2). Jatkumon alkupäässä on todellinen ympäristö ja loppupäässä virtuaalinen ympäristö. (Craig 2013.)



Kuva 2. Virtuaalinen jatkumo. (Craig 2013. Fig 1.38)

2.1.4 Lisätyn todellisuuden toimintaperiaate

AR-sovelluksien toimintaperiaate perustuu kahteen vaiheeseen: Sovelluksen pitää osata laskea todellisen ja virtuaalisen maailman nykytila. Sovelluksen pitää myös osata näyttää virtuaalisen maailman suhteessa todelliseen maailmaan niin, että käyttäjä tuntee virtuaaliset elementit osana hänen fyysistä maailmaa. Tämän jälkeen sovellus palaa takaisin ensimmäiseen vaiheeseen. (Craig 2013.)

Toimintaperiaatteen tukemiseen tarvitaan seuraavaa teknologiaa: Tunnistin (Sensori), prosessori ja näyttö. Tunnistimia käytetään seurantaan, ympäristön, informaation sekä käyttäjäsyötteen keräämiseen. Yleisin AR-teknologiassa käytetty tunnistin on kamera. Prosessori hoitaa laskutehtävät, analysoi sensoreiden dataa sekä hoitaa sovelluksen muut tehtävät. Prosessori toimii siis sovelluksen aivoina. Näytön tehtävänä on näyttää informaatio käyttäjälle. Nykyajan älylaitteet sisältävät kaikki tarvittavat osat AR-sovelluksen käyttöä varten. (Craig 2013.)

2.1.5 Lisätyn todellisuuden tunnistusmenetelmät

AR-sovellukset käyttävät useita erilaisia tunnistusmenetelmiä välittääkseen lisätyn todellisuuden informaation käyttäjälle. Kuva- tai merkkipohjainen tunnistus toimii siten, että sovellus tunnistaa jotain valmiiksi määritellyä tunnistetta, joka voi olla kuva, QR-koodi tai mikä vaan vastaava merkki. Sovellus seuraa määriteltäviä tunnisteita, ja jos tunniste osuu sensoriin (kameraan), se laukaisee asetetun toiminnon. Tämä voi olla animaatio tai jokin muu kolmiulotteinen malli (Kuva 3). (ThinkMobiles 2017b.)



Kuva 3. Merkkipohjainen tunnistus. (ThinkMobiles 2017b.)

Merkitön tunnistus toimii hieman eri tavalla ja sitä voidaan jakaa useaan eri osa-alueeseen. Monikamerajärjestelmiin kuuluva Googlen kehittämä Project Tango on merkitön tunnistusmenetelmä, joka käyttää erityisiä tunnistimia ja laseria kartoittamaan huoneen tai vastaavan alueen. Tämän jälkeen alueeseen lisätään kolmiulotteisia malleja. (Helft 2014.) Project Tango vaatii erityisiä laitteita toimiakseen, ja siten se ei koskaan saavuttanut suosiota. Google lopetti Project Tangon kehittämisen maaliskuussa 2018 (Kastrenakes 2017).

Yksikamerajärjestelmät pystyvät samaan lopputulokseen kuin Project Tango, ja ne toimivat kaikilla älylaitteilla. Järjestelmät käyttävät erityisiä algoritmeja joilla pystytään analysoimaan suoraa videokuvaa. Tämän jälkeen kuvaan lisätään kolmiulotteisia objekteja, joita sitten seurataan tarpeen mukaan. (Hsia 2017.)

Wikituden kehittämä SLAM (Simultaneous Localization and Mapping, samanaikainen paikallistaminen sekä kartoittaminen) on merkitön tunnistusmenetelmä, joka perustuu jatkuvaan seurantaan ja kartoitukseen. Järjestelmä käyttää monimutkaisia algoritmeja jolla se pystyy päivittämään käyttäjän sijainnin tuntemattomassa ympäristössä. (Wikitude n.d.)

Sijaintipohjainen tunnistusmenetelmä hyödyntää GPS järjestelmää, kompassia tai gyroskoopin kiihdytysantureita määrittääkseen käyttäjän sijainnin. Sovellus siis tietää käyttäjän sijainnin mukaan mitä lisätyn todellisuuden sisältöä juuri siinä paikassa pitää näyttää. (ThinkMobiles 2017b.)

2.2 Historia

Lisätty todellisuus esiintyi kirjallisuudessa ensimmäisen kerran jo vuonna 1901, kun kirjailija L. Frank Baum kirjassaan *The Master Key*, mainitsee idean elektronisista laseista jotka näyttävät dataa oikean ympäristön päällä. (Johnson 2012.)

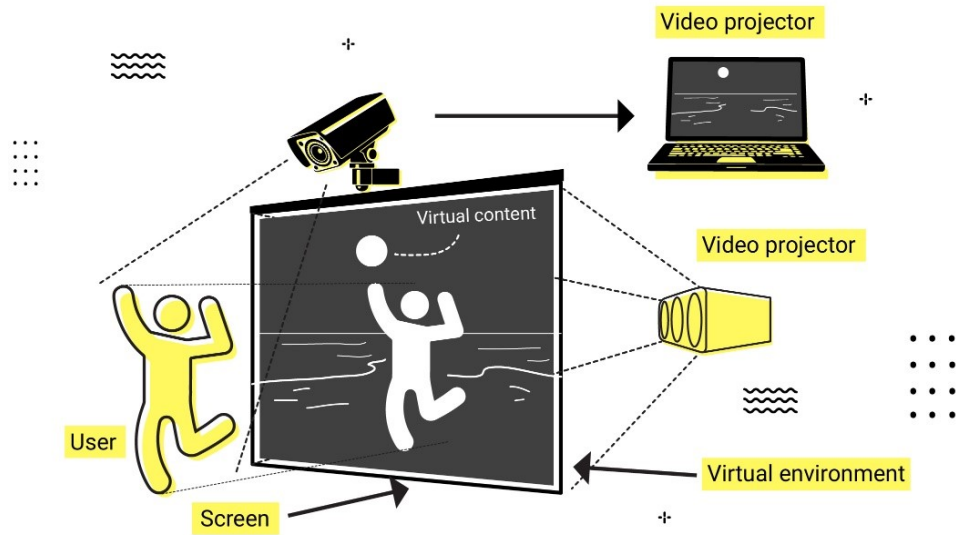
Morton Heilig valmisti vuonna 1952 koneen nimeltä *The Sensorama Machine*, jota on pidetty ensimmäisenä VR-laitteena. Se oli toiminnaltaan mekaaninen ja sisälsi stereoskooppisen näytön, tuulettimia, hajuja, stereo äänet sekä liikkuvan tuolin. Heilig patentoi laitteen vuonna 1962. (Corps 2017.)

Vuonna 1968 Harvardilainen Ivan Sutherland kehitti päässä pidettävää virtuaalilaitetta, joka pystyi näyttämään käyttäjälle yksinkertaisia piirustuksia, jotka muodostuivat tietokoneen tekemistä rautalankamalleista (Kuva 4). Laitteen painavuuden takia hän antoi sille nimeksi ”*Damokleen Miekka*” (*”The Sword of Damocles”*). (Augment 2016.)



Kuva 4. *The Sword of Damocles* (Chapman 2015.)

Myron Krueger meni vuonna 1974 astetta pidemmälle, kun hän kehitti AR-laboratorion nimeltä *Videoplace*. Se yhdisti käyttäjät videokameroiden ja projektorien avulla, ja näytti ne siluetteina kankaalla jota ympäröi interaktiivista materiaalia (Kuva 5). (Octagon studio n.d.)



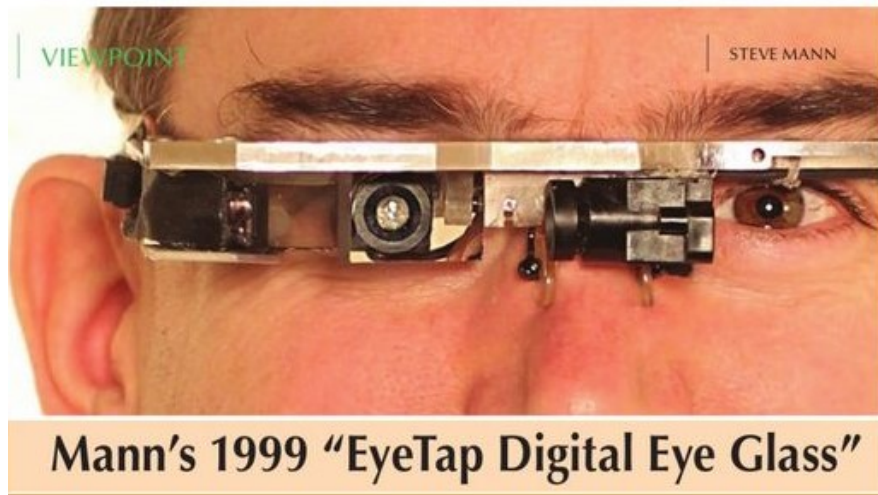
Kuva 5. Videoplace laboratorion toimintatapa (Octagon studio n.d.)

Steve Mann julkaisi vuonna 1980 ensimmäisen päässä pidettävän AR-laitteen nimeltä WearComp1. Laitteella oli mahdollista näyttää tekstiä liikuvan kuvan päällä. Laitteessa oli oikeaa silmää peittävä pieni kuvaputkinäyttö, joka oli kiinnitetty kypäaraan. Laite oli yhdistetty repussa olevaan tietokoneeseen (Kuva 6). (Mann 1997.)

Mann jatkoi laitteen kehittämistä seuraavien 20 vuoden aikana, ja onnistui pienentämään sitä huomattavasti (Kuva 7). (Williams 2017.)



Kuva 6. Steve Mann esittää ensimmäisen version kehittämästään AR-laitteesta vuonna 1980 (Mann 1997.)



Kuva 7. Vuoden 1999 versio AR-laitteesta (Williams 2017.)

Vuonna 1982 nähtiin ensimmäinen toimiva AR-järjestelmä televisiolähetyksessä, kun Dan Reitanin kehittämä RADAR-järjestelmä pystyi näyttämään tutka- ja avaruuskuvien grafiikkaa sääkarttojen päällä. Tätä järjestelmää käytetään vielä nykypäivänäkin sääennusteiden näyttämiseen. (Corps 2017.)

Tom Caudell lanseerasi vuonna 1990 käsitteen 'lisätty todellisuus' esitellössään virtuaalisen grafiikan yhdistämisen fyysiselle näytölle. Caudell joka työskenteli Boeing-yhtiössä, kehitti päässä pidettävän näyttölaitteen, jonka avulla lentokoneiden teknikot pystyivät näkemään yksityiskohtaiset johdotukset eri koneita varten. (Rauterberg n.d.)

Vuonna 1992 Louis Rosenberg kehitti Virtual Fixtures -laitteen Yhdysvaltojen ilmavoimia varten (Kuva 8). Laitteen käyttäjä ohjasi toisessa paikassa olevia robottikäsiä, käyttäen virtuaalista näyttöä. (Alabaster 2018.)



Kuva 8. Virtual Fixtures AR-laite toiminnassa. (Alabaster 2018.)

Vuonna 1996 kehitettiin ensimmäinen AR-järjestelmä joka käyttää kaksiulotteisia tunnistimia. Jan Rekimoton kehittämästä CyberCode järjestelmästä tulee malli tulevaisuuden merkkipohjaisiin tunnistusmenetelmiin. (Corps 2017; Arth ym. 2015, 6.)

Steve Feiner, Blair MacIntyre ja Tobias Höllerer julkistavat vuonna 1997 ensimmäisen mobiilin AR-järjestelmän nimeltä MARS. Järjestelmässä on päässä pidettävä näyttö sekä reppu joka sisältää tietokoneen, GPS-laitteen ja digitaalisen radion langatonta verkkoyhteyttä varten. Samana vuonna Philippe Kahn keksi ensimmäisen kannettavan puhelimen jossa on sisäänrakennettu kamera. (Feiner, MacIntyre & Höllerer 1997; Arth ym. 2015, 7.)

Vuonna 1999 julkaistaan ARToolKit. Se on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmistokirjasto jolla voi kehittää AR-sovelluksia. Sen kehittivät Hirokazu Kato ja Mark Billinghurst, ja kirjastoa käytetään tänä päivänäkin AR-sovellusten tekoon. (Kato & Billinghurst 1997; Arth ym. 2015, 7.)

Nokia esittää vuonna 2001 MARA (Mobile Augmented Reality Applications) sovelluksen prototyypin. Sovellus käyttää puhelimen kameraa ja kiihtyvyysantureita sekä GPS:ää määrittääkseen käyttäjän sijainnin ja suunnan (Kuva 9). (Belic 2006.)



Kuva 9. Mara sovelluksen kuvakaappaus. (Belic 2006.)

Qualcomm julkistaa vuonna 2011 uuden AR-ohjelmistopakkauden nimeltään QCAR. Ohjelmistopakkauden nimeksi tulee myöhemmin Vuforia (Arth ym. 2015, 26).

Google julkaisee omat lisätyn todellisuuden Google Glass-älylasit vuonna 2013. Älylasit saivat kuitenkin paljon huonoa mainetta koskien yksityisyyttä sekä laitteen korkeaa hintaa, joten Google päätti lopettaa lasien tuotannon vuonna 2015. (Coldeway 2013; Crothers 2015.)

Microsoft HoloLens on Microsoftin vuonna 2015 julkistamat lisättyyn- sekä laajennettuun todellisuuteen sopivat älylasit. Laseissa on läpinäkyvä näyttö ja sisältää myös tietokoneen sekä tarvittavat sensorit (Kuva 10). Microsoft

kehittää parasta aikaa HoloLens2 versiota älylaseista. (Savov 2015; Bowden 2018.)



Kuva 10. Microsoftin HoloLens älylasit. (Microsoft n.d.)

Pokemon Go AR-peli julkaistaan vuonna 2016. Pelissä on parhaimmillaan 45 miljoonaa päivittäistä käyttäjää. Vuonna 2017 Apple julkistaa oman AR-ohjelmistopakkauksen nimeltään ARKit. Google julkaisee samaan aikaan oman vastaavan AR-ohjelmistopakkauksen, ja sen nimi on ARCore. (Corps 2017.)

Magic Leap on uusi tulokas AR / MR markkinoilla. Yrityksen perusti Rony Abovitz, ja sen arvo oli joulukuussa 2016 jo yli 4.5 miljardia dollaria vaikka yritys ei ollut vielä julkaissut mitään. Yritys on pelkästään hyvällä ennakkomarkkinoinnilla pystynyt luomaan tuotteen johon sijoittajat luottavat. (Darling 2017.) Magic Leap-älylasit ovat vasta nyt tulleet yleiseen myyntiin, ja ne myydään hintaan 2295 dollaria. Myyntipakkaukseen kuuluu älylasit, ohjain sekä Lightpack-niminen laite, mikä sisältää tietokoneen jota lasit tarvitsevat toimiakseen. Tulevaisuus näyttää miten hyvin mainonta tulee puremaan ihmisiin ja miten hyvin tämä uusi tulokas tulee pärjäämään AR-markkinoilla. (Lilly 2018.)

2.3 Käytettävät laitteet

Päässä pidettävät laitteet ovat historiallisesti tärkeitä lisätystä todellisuudessa. Nykyiset älylaitteet toimivat myös hyvin AR-sovelluksia varten.

2.3.1 Päässä pidettävät laitteet

Päässä pidettävä laite (head mounted display, HMD) on tietokoneen näyttö, joka on kiinnitetty päähän. Se voi olla osa päähinettä tai omaa kokonaisuutta. Näyttö voi peittää vain yhden silmän tai se voi myös peittää molempia silmiä. (Techopedia n.d.)

VR-käytössä näytön tarkoituksena on näyttää käyttäjälle virtuaalisen maailman, peittämällä kaiken ulkopuolisen. AR-käytössä käytetään optisia päässä pidettäviä laitteita (optical head mounted display, OHMD), joissa näytöt ovat läpinäkyviä. Tämä edesauttaa käyttäjän näkemään todellisen maailman sekä myös lisätyn todellisuuden informaatiota. Optisia päässä pidettäviä näyttöjä voidaan myös kutsua älylaseiksi (Smartglasses). (L-tec n.d.)

2.3.2 Muut laitteet

AR-käyttöön sopivia kontaktiinssejä on ollut kehitteillä jo 1990-luvun lopusta lähtien. Näiden avulla käyttäjä pystyi saamaan informaatiota kuten tekstiä, grafiikkaa ja kuvia suoraan näkökenttään, ilman hankalia lisälaitteita. Yhdysvaltojen armeija kehittää myös vastaavia kontaktiinssejä omia sotilaitaan varten. (Google Patents 2001; Anthony 2012.)

Nykyiset älypuhelimet sopivat hyvin käytettäväksi lisätyn todellisuuden kanssa. Lisätyn todellisuuden toimintaperiaatteen mukaan tarvitaan tunnistin, prosessori sekä näyttö, jotta pystytään ajamaan AR sovelluksia. (Craig 2013.) Myös kehittynyt laskentateho, sekä muistin lisääntyminen, ja yleinen saatavuus ovat tuoneet lisätyn todellisuuden tavallisen ihmisen ulottuville. (Reardom 2010.)

2.4 Mobiili AR

Mobiili AR on kehittynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana ja sen määräytyminen on myös muuttunut. Aluksi mobiiliin lisättyyn todellisuuteen voitiin laskea kannettavat laitteet, jotka mahdollistivat liikkuvuutta (eng. mobility). Puhelimien ja muiden älylaitteiden pienentymisen takia voidaan nykyään kutsua mobiilia lisättyä todellisuutta, sellaista AR-kokemusta jossa käytetään ainoastaan älylaitteita. Näihin kuuluvat myös älylasit. (Arth, Gruber, Grasset, Langlotz, Mulloni, Schmalstieg & Wagner 2015, 1.)

Googlen ja Applen omien kehitysalustojen (ARCore ja ARKit) julkaisemisen myötä AR-ohjelmistojen kehittämisestä on tullut helpompaa kuin koskaan. Molemmat teknologiajätit luottavat siihen, että kehittäjät tulevat tuomaan mobiiliin lisätyn todellisuuden kaikkien käyttöön. (Heinze 2018.)

“If VR is for games, AR is for everything”
(Digi-Capital 2018).

Lisätyn todellisuuden ja erityisesti mobiiliin AR-käyttäjäkunnan arvioidaan nousevan jopa puoleen miljardiin seuraavan viiden vuoden aikana. Samana aikana AR-markkinoiden markkina-arvon arvioidaan olevan noin 80-90 miljardia dollaria. VR (mobiili, konsolit, pc), vastaava käyttäjäkunta olisi 50-60 miljoonaa, ja sen arvo 10-15 miljardia dollaria. (Digi-Capital 2018.)

2.5 Käyttökohteet

Lisätyn todellisuuden hyötykäyttöä aloitettiin soveltamaan 1990-luvulla, kun sitä käytettiin lentäjien koulutusta varten. Nykyään sen käyttö on paljon monipuolisempi, ja sen käyttö on siirtynyt myös muihin osa-alueisiin. Seuraavassa jaksossa käydään läpi eri käyttö-alueita esimerkkien kautta.

2.5.1 Opetuskäyttö

Lisätyn todellisuuden integrointi opetuskäyttöön tulee aiheuttamaan muutoksia perinteisiin opetusmenetelmiin. Sillä on potentiaalia muuttaa opetuksen lokalisointia, sekä tuoda opiskeluun uusia tapoja ja metodeja. Lisätyn todellisuuden tuominen opetusprosessiin tulee myös lisäämään opiskeluun luovuutta ja vuorovaikutusta. (ThinkMobiles 2017a.)

Esimerkkejä mahdollisista opetuskäytössä käytettävistä AR-sovelluksista voisi olla:

- Kotitehtävät – Oppilas skannaa älylaitteella sivun oppikirjasta, ja sivu näyttää videon opettajasta joka auttaa oppilaan ratkaisemaan jonkun ongelman.
- Kirja-arvostelu – Oppilas tekee oman arvostelun kirjasta, joka tallentuu kirjan kannessa olevaan merkkiin. Toiset oppilaat voivat sitten skannata kyseisen merkin, ja katsoa aikaisemmin tehdyn arvostelun.
- Laboratorioturvallisuus – Laboratoriossa on sijoitettu merkkejä, jota skannaamalla saadaan tietoa turvallisuusmenetelmistä tms. (Cortez 2018.)

2.5.2 Lääketieteellinen käyttö

Lisätyn todellisuuden käyttö lääketieteessä on parantanut turvallisuutta ja tehokkuutta. Nykykäytössä lisätty todellisuus on jo tehnyt huomattavia muutoksia mm. kirurgisiin toimenpiteisiin, lääkärin koulutuksiin sekä diagnoosien tekoon. (ThinkMobiles 2017c.)

Suomalainen ohjelmistotalo Softability esitti viime vuonna suomalaiselle Thermo Fisher Scientific nimiselle analyysilaitteelle toteutettua lisätyn todellisuuden ratkaisua. Käyttäjä ohjaa Microsoft HoloLens-lasien virtuaalisen käyttöliittymän kautta analyysilaitetta, ja pystyy valitsemaan halutun mittauksen. Mittauksen valmistuttua HoloLens-laseihin näytetään tulokset virtuaalisilla mikrokuoppalevyillä, kolmiulotteisesti ja eri värein. Kommunikointi analysaattorin kanssa tapahtuu HoloLensiä eleillä ohjaten, Wifi-yhteyden yli. (UusiTeknologia.fi 2017.)

Myös neuro- tai maksakirurgisen leikkausten aikana voidaan käyttää avuksi lisättyä todellisuutta. Lisätyn todellisuuden laseilla voidaan heijastaa leikkausalueelle potilaan tietokonetomografiakuvasta eristetyt verisuonet. (Takala 2017, 1032.)

Lisätyn todellisuuden käyttö lääketieteessä sekä sen tuottaman tuloksen ennustetaan nousevan vuoteen 2025 mennessä jopa yli 5 miljardiin dollariin. Ainoastaan AR-pelimarkkinoiden tuloksen ennustetaan olevan korkeampi, kun lääketieteellisen. (Lumusvision 2018.)

2.5.3 Sotilaallinen käyttö

Lisätyn todellisuuden sotilaallinen käyttö on muuttunut enemmän ja enemmän muistuttamaan tietokoneen sotapelejä. Yhdysvaltojen armeija käyttää jo nyt TAR (Tactical Augmented Reality) nimisiä älylaseja parantamaan sotilaiden tilannetietoisuutta taistelutilanteessa. Laitteen näytössä voidaan nähdä taktisen kartan joka näyttää omien sekä myös vihollisten sotilaiden sijainnin. GPS-paikannuksen avulla laite pystyy myös ilmoittamaan tarkan sijainnin sekä alueen maaston. TAR-älylasit toimivat myös kohdistusjärjestelmänä. Laite on langattomasti yhdistetty tabletti-tietokoneeseen sekä aseessa olevaan lämpötunnistimeen. Kun sotilas tähtää aseella johonkin kohteeseen, kohdekuva välittyy suoraan silmän edessä olevaan näyttöön. (Palladino 2017.)

Sotilaallisessa AR-käytössä pyörii myös isot rahat. Markkina-arvon ennustetaan nousevan vuoteen 2025 mennessä 1.4 miljardiin dollariin. (Lumusvision 2018.)

2.5.4 Kaupankäynti

Verkkokauppojen dominointi kaupan alalla on aiheuttanut fyysisten kauppojen kauppiaille uusia haasteita asiakkaiden houkuttamiseksi. Hyödyntämällä lisättyä todellisuutta kauppiat voivat itse räätälöidä sellaisen kokemuksen jonka asiakkaat haluavat (Kuva 11). (Tremblay 2018.)



Kuva 11. Katunäkymä AR-sovelluksesta nähtynä. (Bajwa 2017.)

Lontoolainen Andrew Hart kehitti demoversion AR-sovelluksesta jolla voi etsiä kaupan hyllyltä halutun tuotteen sekä lisätä se kauppakoriin. Se myös näyttää mistä päin kauppa etsittävä tuote löytyy. Sovellus hyödyntää SLAM-teknologiaa kartoittaakseen kaupan sisäpuolen ja pystyy siten paikallistamaan käyttäjän sijainnin käyttäen esimääriteltyjä piirustuksia. Sovellus näyttää nuolen mihin suuntaan käyttäjän pitää liikkua löytääkseen halutun tuotteen. Opastus tapahtuu reaaliaikaisesti. (Hayson 2018.)

IKEA oli ensimmäisiä isoja kauppaketjuja, jotka kehittivät oman mobiili AR-sovelluksen, jolla pystyi lisäämään virtuaalisia huonekaluja omaan huoneeseen, ja siten näkemään miten hyvin huonekalut sopivat juuri omaan kotiin. (Truong 2013.)

Lisätty todellisuus antaa myös asiakkaalle mahdollisuuden virtuaalisesti pukea vaatteita päälle ennen kuin he ostavat niitä.

Kaupankäynnin lisätyn todellisuuden markkina-arvon ennustetaan nousevan 1.6 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä. (Lumusvision 2018.)

2.5.5 Pelit

Peliteollisuus ja erityisesti AR-aiheiset pelit ovat koko lisätyn todellisuuden alan suurin markkinarako. AR-peleistä saadut rahalliset tuotokset ennustetaan nousevan yli 11 miljardiin vuoteen 2025 mennessä. (Lumusvision 2018.) Mobiililaitteiden yleinen saatavuus, sekä niiden tekninen kehitys on myös helpottanut lisätyn todellisuuden tuomisen jokaiselle ihmiselle. Vaikka AR-pelejä on tehty jo yli 20 vuotta, aiheutti vuonna 2016 julkaistu Pokemon Go varsinaisen lähtölaskennan AR-aiheiselle pelaamiselle. (Heaven 2016.)

Applen uuden iPhone X:n julkaisussa esitettiin Pixel Toysin kehittämää peliä Warhammer 40k Freeblade. Pelissä ohjattiin pöydällä olevaa robottiarmeijaa, mutta mielenkiintoisin seikka siinä oli mahdollisuus lisätä dataa AR hahmon päälle. Peliyhtiö Zynga kehitti vastaavasti AR-lisäosan pelilleen CSR Racing 2. Pelissä voi nyt nauttia kilpa-autoilusta lisätyn todellisuuden tuomista ominaisuuksista, esimerkiksi mahdollisuuden katsoa miltä autot näyttävät sisältäpäin (Kuva 12). (Heinze 2018.)



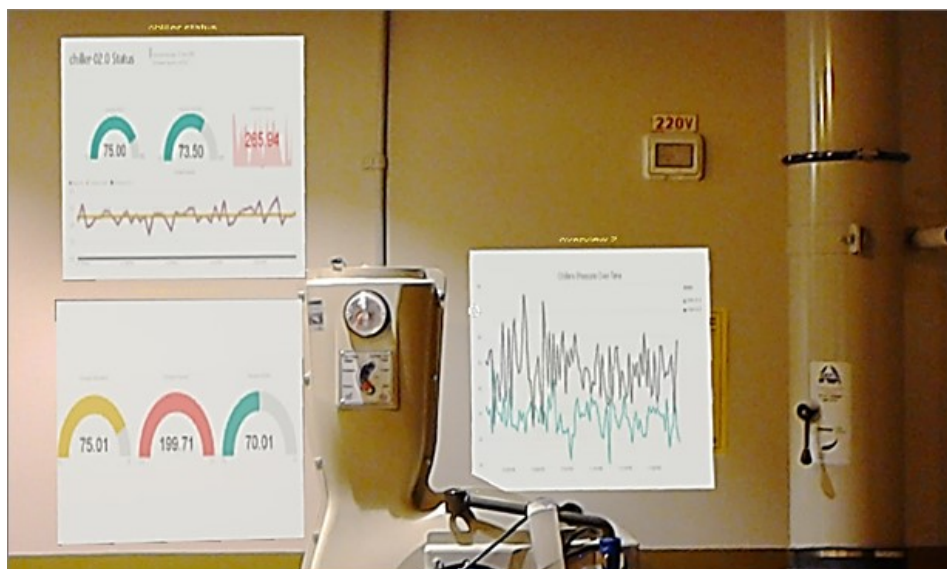
Kuva 12. CRS Racing 2 pelikuva auton sisäpuolesta. (Zynga n.d.)

Lisätyn todellisuuden pelimahdollisuudet ovat lähes rajattomat, mutta toistaiseksi suurin ongelma on älylaitteiden rajallinen akkukapasiteetti. Lisätty todellisuus mobiililaitteessa vaatii erittäin paljon virtaa toimiakseen pitemmissä sessioissa, ja kunnes akkukapasiteetin kehitys mahdollistaa pienempiä ja tehokkaampia akkuja, tulevat pelisessiot olemaan lyhyitä. (Heinze 2018.)

2.5.6 Teollisuus ja rakennus

Lisättyä todellisuutta käytetään myös rakennusmaailmassa. Ruotsin pohjoisinta kaupunkia Kiirunaa ollaan muuttamassa toiselle paikalle, ja muutto tehdään lisätyn todellisuuden avulla. Maan alla olevaa infrastruktuuria ollaan kartoittamassa digitaalisesti, ja näitä kartoituksia voidaan käyttää hyödyksi uudelleen rakentamisessa. Älylasien kautta pystytään näkemään tarkkan kolmiulotteisen kuvan esimerkiksi viemäristöstä ja alueen kaivostoinnista, jota sitten hyödynnetään uusien rakennuksien suunnittelussa. (CGI Case Study 2018.)

Microsoft lisäsi kesällä 2018 AR/MR yhteensopivuuden suosittuun Power BI raportointi ohjelmaan. Yhdistettynä HoloLens älylaseihin, se antaa mahdollisuuden yhdistää lisätyn todellisuuden tuomia etuja esimerkiksi vikojen etsimiseen sekä korjaamiseen. Käsimerkkien sekä äänikomentojen avulla voidaan liittää raportin koantinäytöt (Dashboard) haluamaansa kohtaan älylasien näyttöön (Kuva 13). (Blythe & Sparkman 2018.)



Kuva 13. Näkymä hololens lasien näytöstä. (Blythe & Sparkman 2018.)

2.5.7 Muut käyttökohteet

Yksi tärkeä lisätyn todellisuuden käyttökohde on kiinteistökaupat. Asuntoja myydään yleensä tyhjiin ilman kalusteita, ja kalusteiden tuominen asuntoihin näyttöjä varten ei ole vaan aikaa vievää, vaan myös kallista. Sotheby's on kehittänyt tätä varten AR-sovelluksen, jolla voidaan lisätä kalusteita tyhjiin asuntoon, ja näyttää ostajaehdokkaalle miltä asunto näyttäisi täysin kalustettuna. Toinen lisätyn todellisuuden mahdollisuus on nähdä rakenteilla olevan talon valmiina AR-sovelluksen ja älylasien kautta. Matkustamisessa voidaan suunnitella reittejä etukäteen, ja nähdä paikan päällä mielenkiintoisia matkakohteita sekä nähtävyyksiä, sitä mukaan, kun käyttäjä kävelee kohteessa. (Tarmy 2018; Lumusvision 2018.)

2.6 Tulevaisuus

Lisätyn todellisuuden tulevaisuus on sen integrointi jokapäiväiseen elämään. Teknologian kehittyminen ja laitteiden halpeneminen voivat auttaa saavuttamaan tämän tavoitteen. Toinen asia on saada massat liikkeelle, ja omaksumaan lisätyn todellisuuden hyödyllisyyden. Se ei ole vaan hauska kikka joka näyttää hienolta, vaan siitä on konkreettista hyötyä. (Darling 2017.)

Yksi mahdollinen tulevaisuuden visio on mahdollistettu maisema (Enabled landscape), missä yhdistetään maisemakuvaa digitaalisella informaatiolla. Käyttäjän ollessa jossain kohteessa, siihen lisätään juuri siihen paikkaan kuuluvaa historiallista tai kulttuurista informaatiota, joka mukautuu maisemaan sillä tavalla, kun se on joskus ennen vanhaan ollut siinä paikassa (Kuva 14). Tällaisen teknologian mahdollistamisen vaatisi reaaliaikaisen

kolmiulotteisen rakennekuvan maailmasta jota voisi muunnella sen mukaan, kun käyttäjä liikkuu siinä. Tätä teknologiaa ei ole vielä olemassa mutta sitä kutsutaan jo nyt lisätyn todellisuuden pilveksi (AR Cloud), ja sen ennustetaan olevan tuleva virstanpylväs ohjelmistoinfrastruktuurissa ja paljon arvokkaampi kuin Facebook ja Google. (McAlorum 2018.)



Kuva 14. Enabled landscape (www.mapplatform.com)

3 KÄYTETTÄVÄT OHJELMISTOT JA JÄRJESTELMÄT

Sovelluksen tekoa varten tarvitaan eri ohjelmistoja sekä järjestelmiä. Alla kerrotaan lyhyesti hieman niistä, sekä niiden toimintaperiaatteesta.

3.1 Unity

Unity on Unity Technologies-yhtiön kehittämä pelimoottori ja integroitu kehitysalusta jolla voi kehittää interaktiivista mediaa, sovelluksia ja pelejä. Sen sisältämällä editorilla voi alustasta riippumatta kehittää sisältöä jota sitten käännetään haluamalle alustalle. Unityssä voi käyttää C# sekä JavaScript ohjelmointikieltä. Tuettuja alustoja on 28, ja suosittummat ovat Android, iOS ja PC. Editori löytyy tällä hetkellä Windows ja Mac käyttöjärjestelmälle. AR-tuettuja alustoja löytyy tällä hetkellä neljä: Vuforia, Applen ARKit, Googlen ARCore sekä Magic Leap. (Unity Public Relations 2018.)

3.1.1 Lisensointi

Unity lisensoidaan kolmella eri versiolla: Personal, Plus sekä Pro. Personal versio on täysin ilmainen ja soveltuu hyvin aloittelijoille sekä harrastelijoille. Versio sisältää pelimoottorin kaikki ominaisuudet, päivitykset sekä tulevat beta julkaisut. Yritykset joiden vuotuinen liikevaihto on alle 100 000 dollaria, voivat myös käyttää Personal versiota. (Unity Personal. n.d.)

Jos yrityksen vuotuinen liikevaihto on 100 000 ja 200 000 dollarin välillä, tulee sen käyttää Plus versiota. Plus version kuukausimaksu on 35 dollaria, tai 25 dollaria jos maksaa kerran vuodessa. Plus versio sisältää myös 20% alennuksen Asset Store ostoksista sekä muita parannuksia Personal versiosta. (Unity Plus. n.d.)

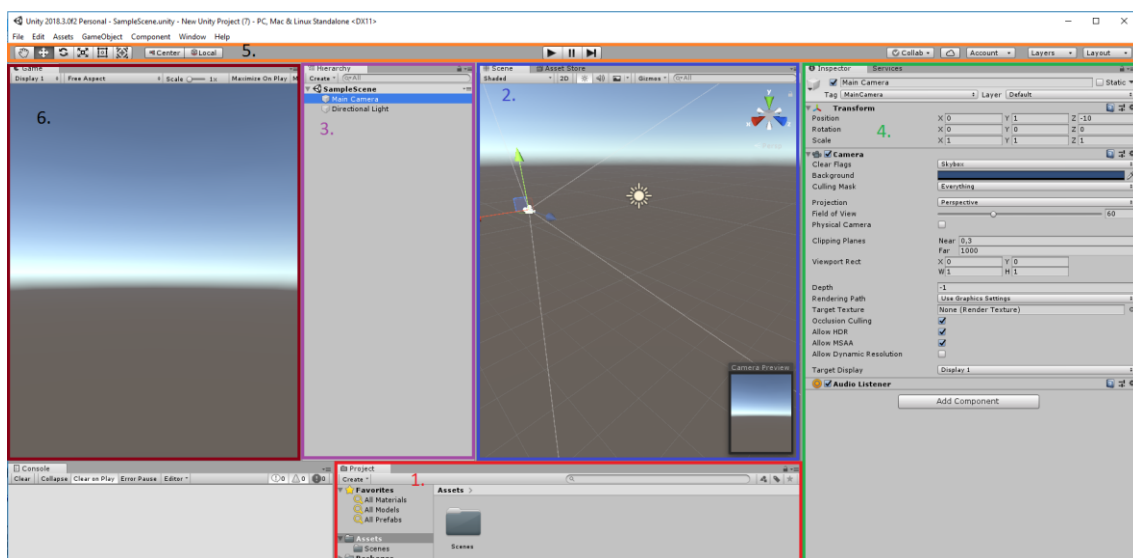
Pro versio on tarkoitettu ammattilaisille jotka haluavat muokattavuutta sekä vielä enemmän kustomointimahdollisuuksia. Pro version kuukausimaksu on 125 dollaria, ja se sisältää kaikki Plus version ominaisuudet, premium tuen sekä muita ominaisuuksia. (Unity Pro. n.d.)

3.1.2 Editori

Sovellusten kehittäminen Unity-pelimoottorilla tapahtuu sen sisältämällä editorilla. Editorissa lisätään tarvittavat osat ja komponentit, jonka jälkeen pystytään rakentamaan kokonaisuutta toimivaan sovellukseen. (Unity Editor 2019.) Editori voidaan jakaa kuuteen eri osaan (Kuva 15). (Unity Documentation 2019.)

1. Projekti ikkuna (Project Window)
2. Näkymä ikkuna (Scene Window)

3. Hiarkia ikkuna (Hierarchy Window)
4. Tarkastaja ikkuna (Inspector Window)
5. Työkalurivi ikkuna (Toolbar Window)
6. Pelinäkö (The Game View)



Kuva 15. Unity editorin ikkunat

3.2 Vuforia

Vuforia on mobiililaitteille tarkoitettu erittäin suosittu AR-ohjelmistokehitysympäristö (SDK), jolla voi tehdä AR-sovelluksia. Rekisteröityjä käyttäjiä on tällä hetkellä yli 420 000, ja sillä on julkaistu yli 50 000 sovellusta. Vuforia on suoraan integroitu Unityyn, joten se on helpoin lähestymistapa AR-sovelluksien tekoon. Vuforiaa voi käyttää UWP-kehitykseen Visual Studioon kautta sekä Xcoden kanssa, jos haluaa tehdä sovelluksia iOS ympäristöä varten. Vuforiaa voi myös käyttää Android Studioon kanssa sen alustan sovelluksien kehitystä varten. (Vuforia Engine 2018.)

3.2.1 Lisensointi

Vuforiaa voi käyttää ja testata ilmaiseksi. Käyttöä varten voi rekisteröidä ilmaisen kehitys (development) lisenssin. Jos haluaa julkaista Vuforialla tehdyn sovelluksen, siitä pitää maksaa lisenssimaksu. Vuforia lisensoidaan kolmella eri lisenssillä: Classic, Cloud ja Pro.

Classic lisenssiä voi ostaa 499 dollarin kertamaksulla, ja se soveltuu käyttäjille tai yrityksille joiden vuotuinen liikevaihto on alle 10 miljoonaa dollaria. Classic lisenssissä on samat pilvipalvelurajoitukset kuin ilmaisessa versiossa, eli 1000 pilvikohdetta ja 1000 tunnista kuukaudessa. Vumarks tunnisteiden maksimimäärä on 100.

Cloud lisenssissä on 99 dollarin kuukausimaksu, ja sillä saa 100 000 pilvikohdetta ja 10 000 tunnistausta per kuukausi. Tähän kuuluu myös automaattiset päivitykset.

Pro lisenssi on tarkoitettu yrityksille joiden liikevaihto ylittää 10 miljoonaa dollaria per vuosi. Lisenssin hintaa voidaan sopia tarkemmin ottamalla yhteyttä Vuforian myyntiin. Pro lisenssiin kuuluu myös automaattiset päivitykset sekä suora tuki. Pilvipalvelut ovat myös itse määriteltävissä. (Vuforia Pricing 2018.)

3.2.2 Pilvitunnistus (Cloud Recognition)

Vuforian pilvitunnistuspalvelu on ratkaisu joka antaa käyttäjille mahdollisuuden lisätä ja ylläpitää tunnisteita ja kuvakohteita verkossa. Käytettävissä olevien tunnisteiden määrä on rajoitettu käyttäjän lisenssin mukaan. Kehityslisenssi mahdollistaa enintään 1000 hakua kuukaudessa ja käytettävien tunnisteiden määrä on myös maksimissaan 1000 kappaletta. (Vuforia Cloud Recognition 2018.)

3.2.3 Vuforia Web Services

Vuforian verkkopalvelut (VWS) on Vuforian kehittämä REST pohjainen ohjelmointirajapinta (API) joka toimii välikätenä pilvitunnistuksen ja käyttäjän oman sisällönhallintajärjestelmän välillä. Rajapinnan käyttöön tarvitaan kaksi erilaista yhteysavainta (Access Keys). Palvelimen avain (Server Key), jota käytetään pilvitietokannan ylläpitoon, sekä asiakkaan avain (Client key), jota käytetään sovelluksessa, kun halutaan tehdä kyselyitä pilvitietokantaan. (Vuforia Web Services 2018.)

3.2.4 Käytettävissä olevat tunnisteet

Vuforia sisältää monta erilaista tunnistetta, jota voidaan käyttää AR-sovelluksissa. Helppokäyttöisin näistä on kuvakohte (ImageTarget), joka voi olla mikä vaan kuva, lehti tai muu vastaava esine. Muita tunnisteita ovat:

- Mallikohde (Model Target)
 - Esineet tunnistetaan muodon mukaan käyttäen valmiita kolmiulotteisia mallinnuksia.
- Monikuvakohteet (Multi Targets)
 - Ovat monen kuvakohteen sarja jolla on erityinen järjestys.
- Sylinterikohde (Cylinder Target)
 - Tällä voidaan käyttää tunnisteena pulloja tai muita sylinterinmuotoisia kohteita.
- Maataso (Ground Plane)

- Sovellus tunnistaa ja seuraa vaakatasoisen pinnan ja mahdollistaa digitaalisen esineen sijoittamisen siihen.
 - Kohde-esine (Object Targets)
 - Nämä ovat valmiita esineitä joita käyttäjä on itse kartoittanut Vuforia omalla Object Scanner apu-ohjelmalla.
 - Vumarks
 - Nämä ovat QR- tai viivakoodin tyyliä merkkejä joita voidaan kustomoida halutulla tavalla.
- (Vuforia Features 2018.)

3.3 Android

Android käyttöjärjestelmän alkuperäinen tekijä on Andy Rubin, joka vuonna 2003 kehitti sen käyttöjärjestelmäksi digitaalisia kameroita varten. Google osti vuonna 2005 Rubinin yrityksen Android, Inc. ja alkoi kehittää androidia mobiilipuhelimia varten. (de Looper 2016.) Nykyään Android käyttöjärjestelmää käytetään myös mm. televisiolaitteissa, jääkaapeissa, auton navigaattoreissa ja älykelloissa. (Hudson 2014.) Ensimmäinen virallinen versio Android käyttöjärjestelmästä julkaistiin 23.9.2008. Tätä kirjoittaessa viimeisin julkaistu versio on 9.0, joka käyttää koodinimeä Pie. (Android Developers 2018.)

3.4 MySQL / MariaDB

MySQL on avoimeen lähdekoodiin perustuva relaatiotietokantaohjelmisto jonka omistaa nykyään Oracle (Sun Microsystems. 2008). MySQL on erittäin suosittu tietokantaratkaisu, ja maaliskuussa 2018 se oli sijalla kaksi relaatiotietokantaratkaisujen suosiota vertailevalla listalla. (DB-Engines Ranking of Relational DBMS. 2018.) MariaDB on MySQL-koodin pohjalta tehty tietokantaratkaisu. Sen kehitti Michael Widenius, joka oli myös yksi MySQL AB yrityksen perustajista. Hän siirtyi kehittämään MariaDB-tietokantaratkaisua sen jälkeen, kun Oracle osti MySQL:n. (Rasmus 2012.)

4 TOTEUTUS

Opinnäytetyön aikana testattiin eri mahdollisia testialustoja. Alkuperäinen tarkoitus oli käyttää Azure-pilvipalvelua WEB- sekä tietokantapalvelimena, mutta tästä suunnitelmasta luovuttiin Azuren tiukkojen tietoturvamäärittelyjen johdosta. Lopuksi päätyttiin avoimeen lähdekoodiin perustuvaan XAMPP-nimiseen verkkopalveluratkaisuun, joka asennettiin paikalliseen tietokoneeseen. XAMPP sisältää valmiiksi Apache http serverin, MariaDB-tietokannan sekä tulkin PHP -ohjelmointikieltä varten.

4.1 Toimintaidean hahmottaminen

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen mukaisesti etsitään toteutustapaa sovellukselle joka käyttää hyödyksi lisättyä todellisuutta. Käytössä tulee olemaan Unity-pelimoottorin versio 2018.3.0f2, johon on sisäänrakennettu Vuforia ohjelmistokehitysympäristön versio 8.0. Unity pyörittää taustaprosessit ja Vuforia hoitaa sovelluksen AR-osuuden.

Lisätyn todellisuuden tunnistusmenetelmänä tullaan käyttämän merkkipohjaista tunnistusta. Tuotteille generoidaan omat uniikit QR-koodit. Nämä voidaan lisätä tuotteen hintalappuun tai hintalapun viereen. Käyttäjä avaa sovelluksen matkapuhelimella ja käyttää sen kameraa QR-koodin päällä. Näin tuotehyllyllä olevat tuotteet nähdään AR-sovelluksessa.

Käyttäjä pystyy näkemään tuotetiedot, kuten hinnan, tuotemerkin ja mallin, haluamastaan tuotteesta sekä myös valitsemaan halutut tuotteet vertailuun. Tämä vastaa viimeiseen kysymykseen, miten tuotteiden takana oleva tieto voidaan soveltaa AR-sovelluksessa niin että niistä on hyötyä.

Sovelluksen käyttöliittymän pitää olla helppokäyttöinen sekä mahdollisimman selkeä. Asiakas toimittaa kuvat haluamastaan käyttöliittymästä.

4.2 Arkkitehtuuri

Yleistä arkkitehtuuria suunnitellessa pitäisi ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Helppokäyttöisyys sekä sovelluksen käyttäjän, että järjestelmän ylläpitäjän näkökulmasta.
- Koko järjestelmän pitäisi olla helposti muokattavissa ja siirrettävissä testiympäristöstä tuotantoympäristöön.

- Mahdollisten ohjelmapäivityksien tuottamat yhteensopivuusongelmat pitää saada ratkaistua.

Kuva 16 näyttää yleiskuvan, miten arkkitehtuuri on tehty. Kuvaa voidaan jakaa kolmeen osaan:

- WEB- sekä tietokantapalvelin

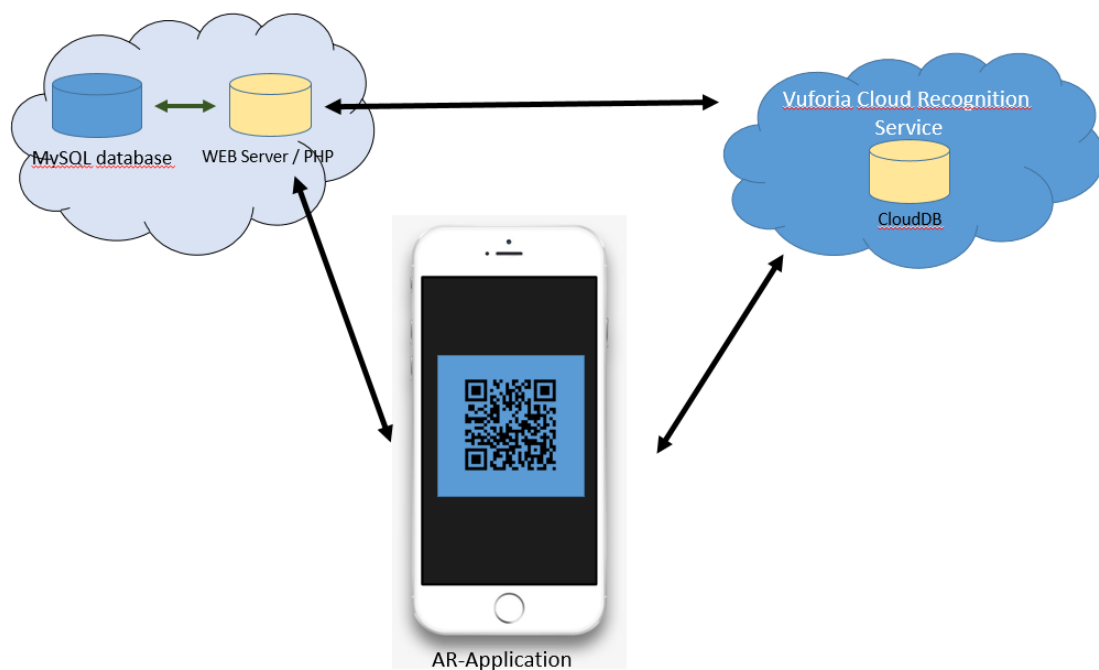
Web-palvelimen tarkoitus on antaa järjestelmän ylläpitäjälle mahdollisuus lisätä, poistaa tai päivittää tuotteita. Tämä onnistuu verkkosivukäyttöliittymän kautta. Sivulla on QR-koodigeneraattori, joka tekee jokaiselle tuotteelle oman koodin, jonka se sitten lähettää sekä paikalliseen tietokantaan että Vuforian pilvitunnistuspalvelussa toimivaan pilvitietokantaan. Paikalliseen tietokantaan tallennetaan myös tuotteen muita tietoja, tuotteen arvostelut sekä arvostelijat.

- Vuforian pilvitunnistuspalvelu (Vuforia Cloud Recognition Service)

Pilvitunnistuspalvelu keskustelee WEB-palvelimen kanssa REST rajapinnan avulla sekä myös suoraan sovelluksen kanssa.

- Sovellus-osio

Tämä on itse sovellus mitä loppukäyttäjä käyttää, kun hän käy kaupassa ja haluaa lisätietoja tuotteista. Tuotehyllyssä näkyy QR-koodi, joka siis vastaa tuotetta josta hän haluaa lisätietoja. Sovellus ottaa yhteyden pilvipalveluun ja tarkistaa onko kyseistä QR-koodia tallennettu pilvitietokantaan. Jos koodi löytyy pilvipalvelusta, se tekee vastaavan haun tietokantaan, ja näyttää tuotteen tiedot ruudulla.



Kuva 16. Yleinen arkkitehtuuri

4.3 Pilvitietokannan luominen sekä testituotteiden lisäys

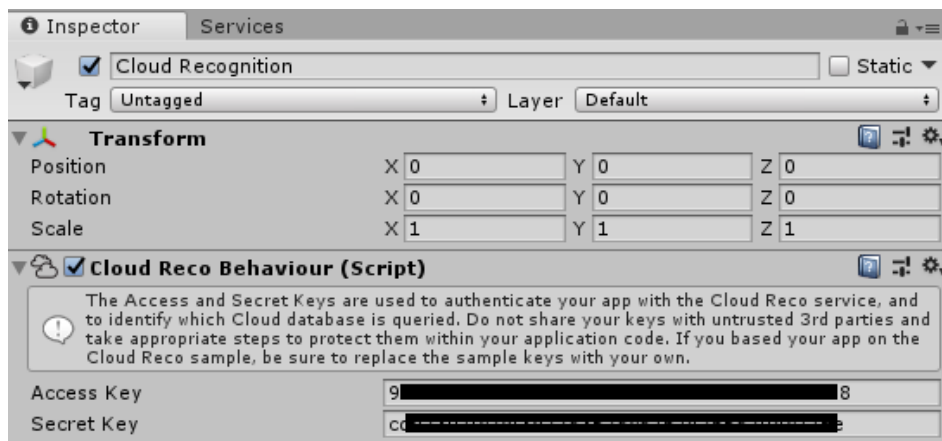
Vuforiaan pilvitietokantaan voidaan lisätä tuotteita joko Vuforiaan kehitysportaalin (Vuforia Developer Portal) tai verkkokäyttöliittymän kautta. Aluksi pitää kuitenkin aina luoda uusi tietokanta kehitysportaalin kautta, jotta tarvittavat yhteys- ja turva-avaimet saadaan käyttöön. Kuvassa 17 voidaan nähdä tätä projektia varten tehtyä AppCloudDB-pilvitietokantaa, ja siihen lisätyt kolme eri testituotetta. Toisella välilehdellä löytyvät tarvittavat yhteysavaimet (Database Access Keys).

The screenshot shows the Vuforia Developer Portal interface. At the top, there is a green navigation bar with the Vuforia logo and the text 'vuforia™ Developer Portal'. Below this, there are several menu items: Home, Pricing, Downloads, Library, Develop (highlighted), and Support. Underneath, there are two sub-menu items: License Manager and Target Manager. The main content area shows the breadcrumb 'Target Manager > AppCloudDB'. The title is 'AppCloudDB' with a link to 'Edit Name'. Below the title, it says 'Type: Cloud' and 'License Key: FoodApp'. There are two tabs: 'Targets (3)' (selected) and 'Database Access Keys'. An 'Add Target' button is visible. Below the button is a table with the following data:

<input type="checkbox"/>	Target Name	Rating	Recos	Status
<input type="checkbox"/>	QR3	★★★★★	0	Active
<input type="checkbox"/>	QR2	★★★★★	0	Active
<input type="checkbox"/>	QR1	★★★★★	66	Active

Kuva 17. Vuforiaan kehitysportaalissa oleva pilvitietokanta

Pilvitietokannan tarkoitus on toimia paikkana missä tuotteiden QR-koodit on tallennettu. Sovelluksen Unity-ohjelmointikoodiin ei siten tarvitse lisätä tunnisteita jokaista tuotetta varten, vaan käytetään hyväksi Vuforiaan CloudRecoBehaviour-luokkaa, joka toimii pilvitunnistimena (Cloud Recognition). Tämä luokka lisätään Unity-sovelluksen näkymään (Scene), jonka jälkeen se alustaa kohteen etsimen (Target Finder) ja odottaa tuloksia. Kuvassa 18 näkyy pilvitunnistus-peliobjektin (Game Object) alustamisessa käytettävät avaimet, joiden avulla sovellusta todennetaan pilvitunnistuspalvelun kanssa.



Kuva 18. CloudRecoBehaviour-luokka sekä yhteysavaimet

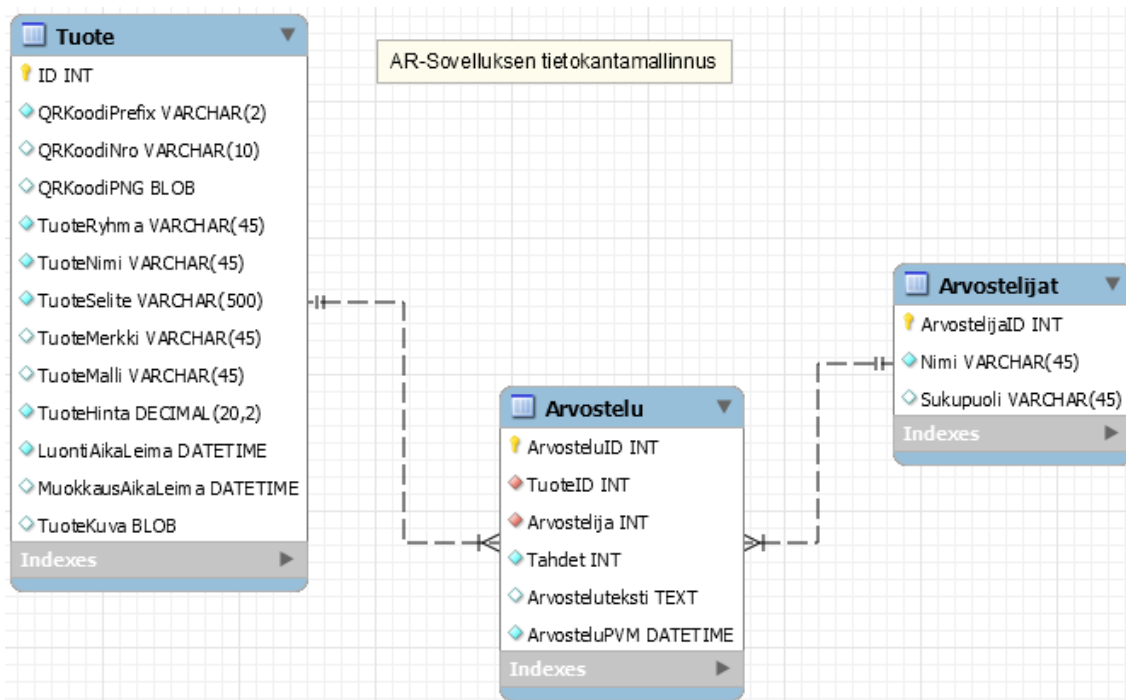
4.4 Paikallinen tietokanta

Sovellus käyttää tietokantaa hakeakseen tietoja tuotteesta. Jokaisella tuotteella on oma QR-koodi sekä siihen liitetty QR-koodinumero, jolla sovellus pystyy erottamaan eri tuotteet toisistaan. Tämän QR-koodin perusteella sovellus hakee tiedot halutusta tuotteesta. Sovelluksen tietokanta tehtiin phpMyAdmin-ohjelman avulla paikalliseen MariaDB-tietokantaan.

Sovelluksen tietokantaan tarvitaan ainoastaan kolme taulua:

- Tuote
 - Sisältää kaikki tarvittavat tuotetiedot. Näitä kenttiä voidaan vielä muokata tarpeen mukaan, mutta tällä hetkellä taulu sisältää tähän projektiin tarvittavat kentät.
- Arvostelu
 - Sisältää tuotteen arvostelutiedot.
- Arvostelijat
 - Sisältää tuotteen arvostelijatiedot.

Tietokannan tarkemman rakenteen sekä taulujen yhteydet voidaan nähdä seuraavassa kuvassa:



Kuva 19. Sovelluksen tietokantamallinnus

4.5 Verkkosivukäyttöliittymä tuotetietojen päivittämiseen

Tuotetietojen päivittämistä varten tehdään oma verkkosivu. Sivulla pystyy selaamaan jo tehtyjä tuotetietoja, muokkaamaan niitä, sekä lisäämään uusia. Uusi tuote päivittyy Vuforian pilvipalveluun sekä myös paikalliseen MariaDB-tietokantaan.

4.5.1 Uuden tuotteen lisääminen

Uuden tuotteen lisäämisessä tärkein asia on saada generoitua jokaiselle tuotteelle oma uniikki QR-koodi. Erilaisia QR-koodigeneraattoreita löytyy nykyään helposti, ja tässä projektissa päädyttiin käyttämään goQR.me sivuston tarjoamaa ilmaista QR Code Generator web-pohjaista ohjelmointirajapintaa. Sillä pystyy helposti generoimaan uusia koodeja, jonka jälkeen niitä voi lisätä sekä paikalliseen tietokantaan että Vuforian pilvipalveluun. Kuva 20 näyttää osan PHP-kielellä kirjoitetusta ohjelmointikoodista, jossa generoidaan tuotteelle uusi QR-koodi. Siinä haetaan paikallisesta tietokannasta viimeisimmän QR-koodin numeron, ja kasvatetaan sen arvoa yhdellä. Meidän tapauksessa viimeisin numero oli QR3, joten uudesta tulee QR4. Tämän jälkeen käytetään hyväksi api.qrserver.com ohjelmointirajapintaa, jonka avulla uusi koodi voidaan tulostaa selaimen ikkunaan.

```

<?php
require 'Artietokanta.php';
// Tehdään pseudosatunnaisgeneraattori niin että saadaan uusi QR-koodi joka kerta.
function generateRandomString($length = 10) {
    $characters = '0123456789abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ';
    $charactersLength = strlen($characters);
    $randomString = '';
    for ($i = 0; $i < $length; $i++) {
        $randomString .= $characters[rand(0, $charactersLength - 1)];
    }
    return $randomString;
}
// Haetaan tietokannasta viimeisin QR-koodi ja kasvatetaan sen arvo yhdellä.
$sql = "Select MAX(CONCAT(QRkoodiPrefix,ID + 1))as uusiQRkoodi from tuote";
$result = $connect->query($sql);
$row = $result->fetch_assoc();

// Tallennetaan uusi arvo muuttujaan.
$newCodeNr = $row['uusiQRkoodi']
?>
<!-- Tulostetaan kuva uudesta QR-koodista.
    Tämä kuva voidaan sitten tallentaa tietokantaan ja lähettää
    Vuforian pilvipalveluun-->
close();?>" />

```

Kuva 20. Ohjelmointikoodi jolla saa QR-koodin tulostettua selaimen ikkunaan

4.5.2 Tuotteen lisääminen Vuforian pilvipalveluun

Uuden tuotteen lisääminen Vuforian pilvipalveluun tapahtuu Vuforian verkkopalvelujen REST-ohjelmointirajapinnan kautta. Siinä lähetetään POST-pyyntö <https://vws.vuforia.com/targets> sivustolle. Lähetettävän kohteen otsikko (header) sisältää tunnistus- ja todennuskentät ja otsikon pitää määritellä sisällön JSON-tyyppiseksi. Runko-osan (body) pitää olla JSON-objekti jossa määritellään kohteen ominaisuudet. Nämä ominaisuudet on listattu alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Pilvitunnistuskohteen ominaisuudet

Kentän nimi	Tyyppi	Onko pakollinen	Selite
name	String [1-64]	Kyllä	Kohteen nimi. On oltava uniikki.
width	Float	Kyllä	Kohteen leveys.
image	Base64 koodattu binäärinen kuva tiedosto JPG tai PNG muodossa	Kyllä	Sisältää kuvadataa.
active_flag	Boolean	Ei	Onko kohde aktiivinen kyselyitä varten.
application_metadata	Base64 koodattu tieto.	Ei	Kohteeseen yhdistetty metadata.

Uuden tuotteen lisääminen pilvitietokantaan tapahtuu PHP-kielellä kirjoitetulla ohjelmakoodilla. Alla olevissa kuvissa näkyy osa luokasta, jossa määritellään kohteen ominaisuudet, sekä määritellyt funktiot jotka tekevät itse lisäyksen.

```
private $url          = "https://vws.vuforia.com";
private $requestPath  = "/targets";
private $request;     // the HTTP_Request2 object
private $jsonRequestObject;
// Tunnisteen nimi joka on aikaisemmin määritelty muuttujaan $newCodeNR.
private $targetName   = $newCodeNR;
// Uuden tunnistekuvan polku.
private $imageLocation = "/ARapp/ProdImages/'". $newCodeNR. "'.PNG";

function PostNewTarget(){

    $this->jsonRequestObject = json_encode( array( 'width'=>32.0
    , 'name'=>$this->targetName
    , 'image'=>$this->getImageAsBase64()
    , 'application_metadata'=>base64_encode("Tunnisteen numero on: '". $newCodeNR. "'")
    , 'active_flag'=>1 ) );

    $this->execPostNewTarget();

}

function getImageAsBase64(){

    $file = file_get_contents( $this->imageLocation );

    if( $file ){

        $file = base64_encode( $file );

    }

    return $file;

}
```

Kuva 21. Muuttujat sekä PostNewTarget- ja getImageAsBase64-funktio

Kuvassa 21 määritellään kohteen ominaisuudet aikaisemmin mainitun taulukon mukaan. PostNewTarget-funktio määrittelee kohteen nimen, leveyden, kuvan, metadatan sekä onko tunnistuskohde aktiivinen.

```

public function execPostNewTarget(){

    $this->request = new HTTP_Request2();
    $this->request->setMethod( HTTP_Request2::METHOD_POST );
    $this->request->setBody( $this->jsonRequestObject );

    $this->request->setConfig(array(
        'ssl_verify_peer' => false
    ));

    $this->request->setURL( $this->url . $this->requestPath );

    // Define the Date and Authentication headers
    $this->setHeaders();

    try {

        $response = $this->request->send();

        if (200 == $response->getStatus() || 201 == $response->getStatus() ) {
            echo $response->getBody();
        } else {
            echo 'Unexpected HTTP status: ' . $response->getStatus() . ' ' .
                $response->getReasonPhrase(). ' ' . $response->getBody();
        }
    } catch (HTTP_Request2_Exception $e) {
        echo 'Error: ' . $e->getMessage();
    }

}

```

Kuva 22. `execPostNewTarget`-funktiossa määritellään kohteen runko-osan sekä käytettävän metodin

Kuvassa 22 näkyy `execPostNewTarget`-funktio, jossa määritellään käytettävä metodi POST-tyyppiseksi sekä asetetaan lähetettävän kohteen runko-osan JSON-objektiiviksi.

```

private function setHeaders(){
    $sb = new SignatureBuilder();
    $date = new DateTime("now", new DateTimeZone("GMT"));

    // Define the Date field using the proper GMT format
    $this->request->setHeader('Date', $date->format("D, d M Y H:i:s") . " GMT");

    $this->request->setHeader("Content-Type", "application/json");
    // Generate the Auth field value by concatenating the public server access key
    // w/ the private query signature for this request
    $this->request->setHeader("Authorization", "VWS " . $this->access_key . ":"
        . $sb->tmsSignature( $this->request , $this->secret_key ));
}

```

Kuva 23. `setHeaders`-funktio määrittelee otsikon sekä tunnistuksen

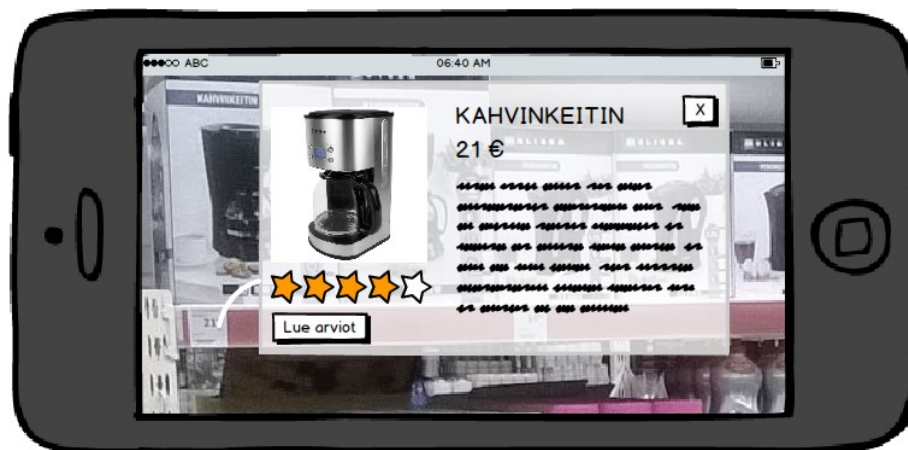
Kuvassa 23 määritellään kohteen otsikkoarvot sekä hoidetaan tunnistus sekä todennukset palvelimen kanssa. Tämä onnistuu ennalta määriteltujen yhteysavainten kanssa.

4.6 Käyttöliittymä

Alla olevista kuvista näkyy asiakkaan toimittama käyttöliittymän rautalan-kamalli. Kuva 24 näyttää mitä sovelluksen ruudulla näkyy, kun käyttäjä vie älylaitteen hyllytasolle. Alempi kuva 25 näyttää tuotekohtaisen tuotekor-tin. Näihin malleihin voi vielä tulla lisäyksiä tai muita muutoksia ennen so-velluksen lopullista julkaisua.



Kuva 24. Sovelluksen hyllynäkymä



Kuva 25. Sovelluksen tuotekortti

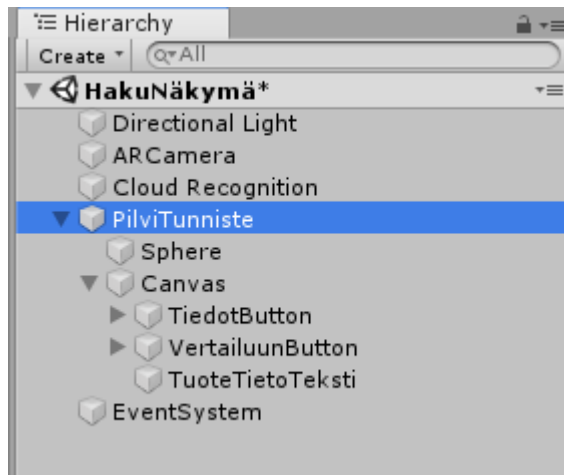
4.7 Sovelluksen toiminta

Tässä jaksossa kerrotaan hieman sovelluksen eri osa-alueista sekä näyte-tään esimerkkejä, miten ne on toteutettu.

4.7.1 Hierarkia

Sovelluksen toiminta ja logiikka rakennetaan Unity-editorissa sen hierarkia ikkunassa. Ikkunaan lisätään edellä mainittuja peliobjekteja jotka toimivat

ns. säiliöinä, jotka itsessään eivät tee mitään. Peliobjekteihin lisätään toimintoja, kuten tiedostoja, ohjelmointikoodia tai videokuvaa, josta saadaan siten toimiva kokonaisuus. Peliobjektit voivat olla perinnöllisiä (Parent → Child), mikä tarkoittaa sitä, että vasta kun yläpuolella olevan peliobjektin toiminto käynnistyy, tulee sen alapuolella oleva perillinen aktiiviseksi. Kuvassa 26 voidaan nähdä hierarkiakuva sovelluksen hakunäkymästä. PilviTunniste on peliobjekti ja sen alla olevat TiedotButton, VertailuunButton sekä TuoteTietoTeksti -peliobjektit aktivoituvat vasta sen jälkeen, kun pilvitietokannasta löytyy vastaava tunniste.



Kuva 26. Hakunäkymän hierarkia

4.7.2 Hakumenetelmä Unityssä

Kun käyttäjä haluaa tietoja jostain tuotteesta, hän painaa sovelluksen Tiedot nappia. Tämä painallus ajaa HaeTiedot –funktion, joka ottaa yhteyden palvelimelle, ja hakee tunnisteiden tiedot tietokannasta sekä näyttää tiedot kuvaruudussa. Kuvassa 27 voidaan nähdä kyseisen funktion ohjelmakoodin. Koodi on kirjoitettu C#-ohjelmointikielellä.

```

76 // Tiedot napin painallus
77 public void HaeTiedot()
78 {
79     StartCoroutine(GetInfo());
80 }
81 IEnumerator GetInfo()
82 {
83     // Käytetään Unityn omaa WWWForm luokkaa jolla tehdään QRCode-muuttuja joka lähetetään POST käskynä palvelimelle.
84     // Muuttuja saa nimensä tunnistetun pilvitunnisteen nimestä.
85     WWWForm targetName = new WWWForm();
86     targetName.AddField("QRCode", tiedotTeksti.text);
87
88     // Käytetään Unityn UnityWebRequest luokkaa joka lähettää POST käskyn ajamaan palvelimella olevaa php tiedostoa.
89     UnityWebRequest tiedot = UnityWebRequest.Post("http://localhost/ArApp/getInfo.php", targetName);
90     tiedot.chunkedTransfer = false;
91
92     // Palautetaan palvelimen tiedot Unityyn ja lisätään ne tiedotTeksti muuttujaan.
93     yield return tiedot.SendWebRequest();
94     Debug.Log(tiedot.downloadHandler.text);
95
96     tiedotTeksti.text = tiedot.downloadHandler.text;
97
98 }

```

Kuva 27. HaeTiedot-funktion ohjelmakoodi

Ylläolevassa funktiossa käytetään Unityn WWWForm-luokkaa, jonka avulla pystytään määrittelemään QRCode-niminen muuttuja. Tämä muuttuja saa arvon sen hetkisen pilvitunnisteen nimestä. Tämän jälkeen käytetään Unityn UnityWebRequest-luokkaa, joka tekee POST pyynnön palvelimelle, ja pyytää siellä ajamaan getInfo.php-nimisen ohjelmakoodin johon lisätään yllä mainittu muuttuja. Lopuksi palautetaan tuotteen tiedot Unityyn ja lisätään ne paikalliseen muuttajaan, jota voidaan sitten näyttää käyttäjälle.

4.7.3 Hakumenetelmä palvelinpuolella

Palvelinpuolella tehdään itse tietokantahaku. Haku tehdään SELECT-kyselyllä, ja kyselyn WHERE-ehdon muuttuja saa sen arvon jonka Unitypuolen ohjelmakoodi lähettää. Lopuksi palautetaan kyselyn tulokset.

```

<?php
require 'Artietokanta.php';
// Valmistetaan tietokantakysely saadulla muuttujalla.
$qrcode = $_POST['QRCode'];
$sql = "SELECT TuoteHinta, TuoteNimi, TuoteSelite FROM `tuote` WHERE QRKoodiNro = '". $qrcode. "'";
$result = $connect->query($sql);

if ($result->num_rows > 0) {
    // Tulostetaan rivit.
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
        echo "" . $row['TuoteHinta']. "€\n\n". $row['TuoteNimi']. "\n\n". $row['TuoteSelite']. "\n";
    }
} else {
    echo "0 results";
}

$connect->close();
?>

```

Kuva 28. Palvelinpuolen hakukoodi

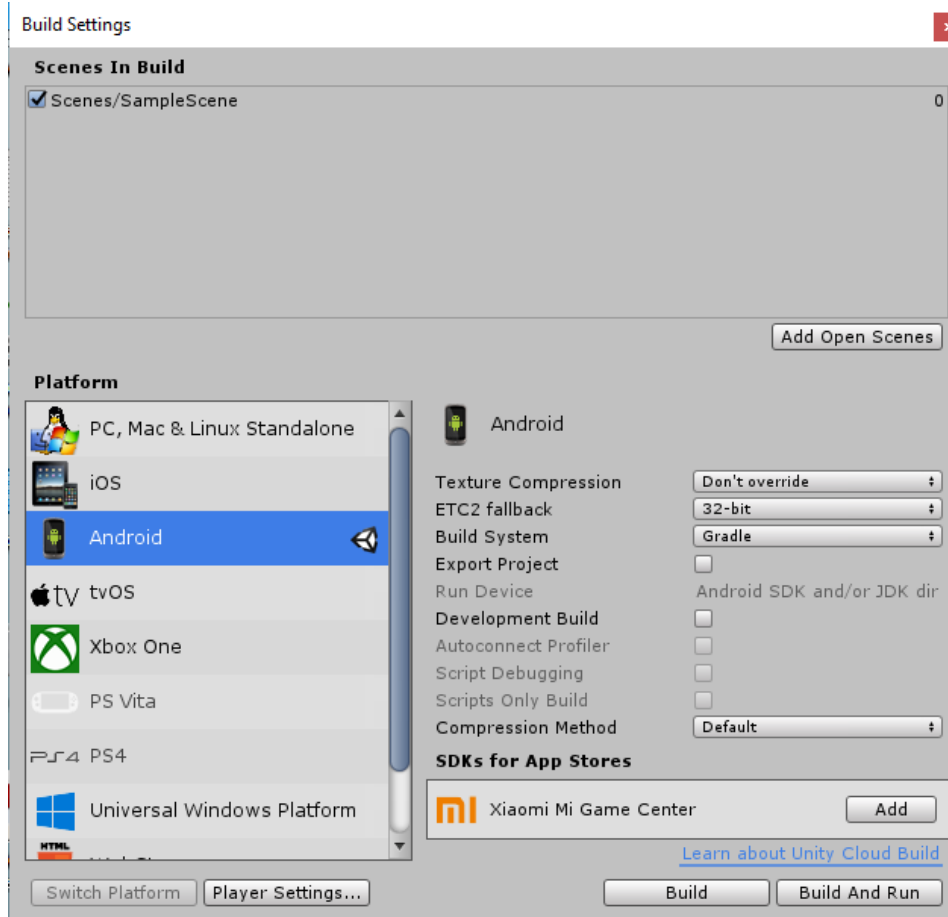
4.7.4 Ongelmatilanteet

Vuforian pilvitunnistusta käytettäessä tuli vastaan yksi suuri ongelma ja rajoite. Kerralla ei voi seurata kuin yhtä pilvitunnistetta. Jos kaupan hyllyllä on monta tuotetta vierekkäin, sovellus näyttää aina ensimmäisen tuotteen jonka se tunnistaa, vaikka tunnistettavia tuotteita olisi monta. Vastaavalaista ongelmaa ei ole tullut vastaan, kun käytetään paikallista tietokantaa tunnisteiden säilyttämiseen. Vuforian kehitysryhmä on tietoinen kyseisestä asiasta.

Tämän voi kiertää lisäämällä sovellukseen napin jolla käyttäjä voi alustaa kohteen etsimen jokaisen tunnistuksen jälkeen, mutta kovin käytännöllistä se ei ole.

4.8 Ohjelman kääntäminen Android alustalle

Unity-pelimoottorin yksi hyvä puoli on se, että sillä tehty ohjelma tai sovellus voidaan kääntää monelle eri alustalle ilman että sitä varten tarvitsee tehdä oman versionsa. Kuva 29 näyttää miten helposti ohjelman saa siirrettyä omalle alustalle. Kuvassa on valittu Android alusta ja painamalla Build-nappia, Unity tekee Android-yhteensopivan apk-loppuisen tiedoston, jota voi siirtää omalle laitteelle sekä ajaa sitä siellä. Jos on tarvetta testata ohjelmaa suoraan omalla laitteella, voi käyttää Build and Run nappia. Tällöin laitteen pitää olla kytkettynä tietokoneeseen USB-kaapelilla.



Kuva 29. Ohjelman kääntäminen eri alustoille

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää mobiilisovellus jolla voidaan verrata tuotteita kaupan hyllyllä, sekä valita mieleisensä tuotteen tallennetusta listasta. Sovellus hyödyntää lisättyä todellisuutta auttaakseen asiakasta tekemään ostospäätöksensä.

Sovelluksen tekemiseen käytettiin Unity-pelimoottoria sekä siihen integroitua Vuforia-ohjelmistokehitysympäristöä.

Sovelluksen kehitystyötä voidaan vielä jatkaa asiakkaan niin halutessa. Sovellukseen pitäisi lisätä toimintoja sekä korjata virheitä. Verkkosivun arkkitehtuuria sekä toimintoja käytiin läpi, mutta itse sivuja ei tehty tämän opinnäytetyön aikana.

Opinnäytetyön suurin haaste oli rajallinen aika. Vastaavanlaisia projekteja tehdään yleensä monen hengen ryhmissä, jolloin jokaisella ryhmän jäsenellä on oma vastuualue johon tämä voi keskittyä täysin, eikä tarvitse huolehtia muiden tekemisistä. Toinen iso haaste oli Unityyn sekä myös Vuforiaan tulleet versionpäivitykset. Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana molemmat saivat kaksi suurta päivitystä, jotka ”rikkoivat” vanhat skriptit. Näiden päivityksien jälkeen suurin aika meni korjauksiin sekä uusien ominaisuuksien tutustumiseen. Onneksi vanhentuneita ominaisuuksia pystyi vielä käyttämään jonkun aikaa päivityksen jälkeen.

Opinnäytetyön kasaaminen sopivan kokoiseen pakettiin tuotti myös hieman ongelmia. Ongelmat ratkaistiin kuitenkin niin, että käytiin läpi vain ne olennaisimmat ja tähän aiheeseen sopivimmat osa-alueet.

Unity sopii hyvin tällaisen pienimuotoisen sovelluksen tekoon. Se mahdollistaa sovelluksen kääntämisen eri alustoille, eikä tarvitse tehdä monta eri versiota samasta sovelluksesta.

Vuforia toimii yleensä hyvin lisätyn todellisuuden sovelluksien tekoon. Sen ominaisuudet kehittyvät koko ajan ja sen integraatio Unityn kanssa antaa monille helpon tavan tehdä pienimuotoisia sovelluksia. Lisätyn todellisuuden kilpailu on kuitenkin kova, ja erityisesti Applen ARKit sekä Googlen ARCore tuovat koko ajan lisää ominaisuuksia jotka toimivat suoraan oman alustansa rautatasolla. Tästä johtuen Vuforian kehitysryhmällä on kova paine pysyä mukana kehityksessä.

Vuforian pilvitunnistuksen rajoite, koskien samanaikaisten tunnisteiden seuranta, aiheutti kuitenkin ongelmia sovelluksen kehityksessä. Käyttäjän pitäisi saumattomasti pystyä siirtymään tuotteesta tuotteeseen ilman tarvetta painaa ruudulla olevaa nappia jokaisen tunnistuksen jälkeen. Tämä ei

tällä hetkellä onnistu, ja se hankaloittaa sovelluksen käyttöä. Vuforia-pilvitunnistuksen käyttö ei siten välttämättä ole paras ratkaisu tämänkaltaisen sovelluksen tekoon.

Lisätty todellisuus on nykyaikaa. Sitä hyödyntäviä sovelluksia on jo niin paljon, että erottuakseen joukosta pitää keksiä jotain todella erikoista. Tämä pätee yleisesti kaikkiin nykyaikaisiin businessmalleihin, ja sitä me kaikki olemme hakemassa.

Lisätty todellisuus voi selkeästi olla tulevaisuuden trendi. Älylasien pieneneminen sekä niiden hintojen halpeneminen voi johtaa siihen, että niitä tullaan käyttämään ihan jokapäiväisessä elämässä esimerkiksi viestittelyyn, navigointiin tai muuten vaan avustamaan päivittäisissä asioissa.

LÄHTEET

Alabaster, T. 2018. Mixed Reality – Now and Then. Earthware.co.uk blog. Julkaistu 22.1.2018. Viitattu 5.4.2018

<https://earthware.co.uk/blog/mixed-reality-now-and-then/>

Android Developers 2018. Julkaistu 2018. Viitattu 10.8.2018.

<https://developer.android.com/about/versions/pie/>

Anthony, S. 2013. US military developing multi-focus augmented reality contact lenses. ExtremeTech. Julkaistu 13.4.2012. Viitattu 19.8.2018.

<http://www.extremetech.com/computing/126043-us-military-developing-multi-focus-augmented-reality-contact-lenses>

Arth, C., Gruber, L., Grasset, R., Langlotz, T., Mulloni, A., Schmalstieg, D & Wagner, D. 2015. The History of Mobile Augmented Reality. Inst. for Computer Graphics and Vision Graz University of Technology, Austria. Julkaistu 11.11.2015. Viitattu 5.4.2018.

<https://arxiv.org/pdf/1505.01319.pdf>

Augment. 2016. Infographic: The History of Augmented Reality. Augment.com. Julkaistu 12.5.2016. Viitattu 31.3.2018. <http://www.augment.com/blog/infographic-lengthy-history-augmented-reality/>

Azuma, R. 1997. A Survey of Augmented Reality. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4. Julkaistu elokuussa 1997. Viitattu 5.4.2018.

<https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>

Bajwa, A. 2017. Augmented Reality. ChillLife. Julkaistu 6.9.2017. Viitattu 21.5.2018.

<http://chillelife.com/augmented-reality/>

Belic, D. 2006. Nokia Research's MARA project. Intomobile. Julkaistu 7.11.2006. Viitattu 18.5.2018.

<http://www.intomobile.com/2006/11/07/nokia-researchs-mara-project/>

Blythe, M., Sparkman, M. 2018. Microsoft Power BI. Julkaistu 5.6.2018. Viitattu 6.8.2018.

<https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/mobile-mixed-reality-app>

Bowden, Z. 2018. Microsoft 'HoloLens 2:' Everything we know so far. Windows Central. Julkaistu 4.4.2018. Viitattu 17.5.2018.

<https://www.windowscentral.com/microsoft-hololens-2-everything-we-know-so-far>

CGI Case Study. 2018. Using Augmented Reality and Precision Data to Enable the Future Smart City. Case Study Kiruna. Julkaistu 2018. Viitattu 24.8.2018.

<https://www.cgi.com/en/case-studies/kiruna-sweden-augmented-reality-smart-future-city>

Chapman, G. 2015. Utah inventions: The birth of computer graphics. KSL.com. Julkaistu 19.8.2015. Viitattu 1.4.2018.

<https://www.ksl.com/?nid=1012&sid=36039333>

Coldewey, D. 2013. Google Glass to launch this year for under \$1,500. NBC News. Julkaistu 22.2.2013. Viitattu 17.5.2018.

<https://www.nbcnews.com/technology/gadgetbox/google-glass-launch-year-under-1-500-1C8503747>

Corps, R. 2017. A brief history of augmented reality. adsreality.com. Julkaistu 21.11.2017. Viitattu 2.4.2018.

<http://adsreality.com/history-of-augmented-reality-infographic/>

Cortez, M. 2018. How Will AR Transform Education? [#Infographic]. EdTech Magazine. Julkaistu 20.1.2018. Viitattu 18.4.2018.

<https://edtechmagazine.com/k12/article/2017/10/how-will-ar-transform-education-infographic>

Craig, A. 2013. Understanding Augmented Reality. Concepts and Applications. New York: Elsevier. Viitattu 7.4.2018

Crothers, B. 2015. The Google Glass Epic Fail: What Happened? Fox-New.com. Julkaistu 27.6.2015. Viitattu 17.5.2018

<http://bgr.com/2015/06/27/google-glass-epic-fail-what-happened/>

D'Angelo, M. 2018. Augmented Reality Check: Why Businesses are Embracing AR in 2018. Business News Daily. Julkaistu 18.3.2018. Viitattu 25.3.2018.

<https://www.businessnewsdaily.com/9245-augmented-reality-for-business.html>

Darling, T. 2017. Big AR: The Future of Augmented Reality. Hackernoon. Julkaistu 10.8.2017. Viitattu 24.5.2018.

<https://hackernoon.com/big-ar-the-future-of-augmented-reality-c91c267b3d9f>

DB-Engines Ranking of Relational DBMS. Julkaistu maaliskuu 2018. Viitattu 31.3.2018.

<https://db-engines.com/en/ranking/relational+dbms>

de Looper, C. 2016. From Android 1.0 to Android 7.0, here's how the top mobile OS has evolved over the years. Digital Trends. Julkaistu 16.10.2016. Viitattu 4.4.2018.

<https://www.digitaltrends.com/mobile/android-version-history/>

Feiner, S., MacIntyre, B & Höllerer, T. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. In Proc ISWC '97 (Int. Symp. on Wearable Computing), Cambridge, MA, Julkaistu 13–14.10.1997. Viitattu 14.4.2018.

<https://www.cc.gatech.edu/~blair/papers/iswc97.pdf>

Digi-Capital 2018. Ubiquitous \$90 billion AR to dominate focused \$15 billion VR by 2022. Digi-Capital.com. Blog. Julkaistu tammikuussa 2018. Viitattu 16.4.2018.

<https://www.digi-capital.com/news/2018/01/ubiquitous-90-billion-ar-to-dominate-focused-15-billion-vr-by-2022/#.WtR2DojFKU>

Google Patents 2001. Contact lens for the display of information such as text, graphics, or pictures. Julkaistu 28.7.1999. Viitattu 19.8.2018

<https://patents.google.com/patent/CA2280022>

Hayson. S. 2018. Demo shows how AR could help you at the grocery store. Mashable. Julkaistu 5.4.2018. Viitattu 21.8.2018.

https://mashable.com/2018/04/05/artificial-reality-retail-shopping-tool/?europa=true#zW_k7WRakPq3

Heaven, D. 2016. Beyond Pokémon Go: augmented reality is set to transform gaming. New Scientist: Buttonmasher. Julkaistu 9.8.2016. Viitattu 21.5.2018.

<https://www.newscientist.com/article/2100412-beyond-pokemon-go-augmented-reality-is-set-to-transform-gaming/>

Heinze, J. 2018. Augmented reality is no longer a novelty. Venturebeat. Julkaistu 21.1.2018. Viitattu 24.5.2018.

<https://venturebeat.com/2018/01/21/augmented-reality-is-no-longer-a-novelty/>

Helft, M. 2014. Google goes DARPA. Fortune.com. Julkaistu 14.8.2014. Viitattu 16.4.2018.

<http://fortune.com/2014/08/14/google-goes-darpa/>

Hsia, J. 2017. Markerless AR: 4 Things developers need to know. AT&T Developer Program. Blog. Julkaistu 17.3.2018. Viitattu 16.8.2018.

<https://developer.att.com/blog/markerless-ar-developers>

Hudson, S. 2014. Not Just For Phones And Tablets: What Other Devices Run Android? www.makeuseof.com. Julkaistu 24.6.2014. Viitattu 4.4.2018.

<https://www.makeuseof.com/tag/phones-tablets-devices-run-android/>

Johnson, J. 2012. "The Master Key": L. Frank Baum envisions augmented reality glasses in 1901. Mote & Beam. Joeljohnson.com. Julkaistu 10.9.2012. Viitattu 1.4.2018.

<https://web.archive.org/web/20130522153011/http://moteand-beam.net/the-master-key-l-frank-baum-envisions-ar-glasses-in-1901>

Kastrenakes, J. 2017. Google's Project Tango is shutting down because ARCore is already here. The Verge. Julkaistu 15.12.2017. Viitattu 16.4.2018.

<https://www.theverge.com/2017/12/15/16782556/project-tango-google-shutting-down-arcore-augmented-reality>

Kato, H & Billinghurst M. 1997. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System. Julkaistu 1997. Viitattu 14.4.2018.

<https://vs.inf.ethz.ch/edu/SS2005/DS/papers/ar/kato-artoolkit.pdf>

LC-tec. Smart eyewear. Viitattu 16.4.2018.

<http://www.lc-tec.se/smart-eyewear/>

Lilly, P. 2018. Magic Leap's AR headset is finally available to buy, but it costs \$2,295. www.pcgamer.com. Julkaistu 8.8.2018. Viitattu 9.8.2018.

https://www.pcgamer.com/magic-leaps-ar-headset-is-finally-available-to-buy-but-it-costs-dollar2295/?utm_content=bufferdd113&utm_medium=social&utm_source=facebook&utm_campaign=buffer_pcgamerfb

Lumusvision 2018. Augmented Reality Trends. Julkaistu 11.4.2018. Viitattu 21.5.2018.

<https://lumusvision.com/augmented-reality-trends-infographic/>

Mann, S. 1997. Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging. CyberSquare Computer, Vol. 30, No. 2. Julkaistu helmikuussa 1997. Viitattu 3.4.2018.

<http://www.wearcam.org/ieeecomputer/r2025.htm>

McAlorum, C. 2018. The enabled landscape is the future of augmented reality. Venturebeat.com. Julkaistu 19.6.2018. Viitattu 10.8.2018.

<https://venturebeat.com/2018/06/19/the-enabled-landscape-is-the-future-of-augmented-reality/>

Microsoft. HoloLens. Viitattu 23.5.2018.

<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A & Kishino, F. 1994. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies (1994), Vol. 2351. Viitattu 6.4.2018

http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf

Octagon Studio. History of Augmented Reality. blog.octagonstudio.com. Viitattu 2.4.2018.

<http://blog.octagonstudio.com/history-of-augmented-reality/>

Palladino, T. 2017. US Army Outfits Soldiers with Augmented Reality Headsets. Next.Reality.News. Julkaistu 2.7.2017. Viitattu 20.5.2018.

<https://next.reality.news/news/us-army-outfits-soldiers-with-augmented-reality-headsets-0178507/>

Rasmus. 2012. MariaDB Foundation to Safeguard Leading Open Source Database. Julkaistu 4.12.2012. Viitattu 22.1.2019.

<https://mariadb.org/mariadb-foundation-to-safeguard-leading-open-source-database/>

Rauterberg, M. History of HCI. Technical University Eindhoven. Viitattu 4.4.2018.

<http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/hci-history/sld096.htm>

Reardom, M. 2010. Augmented reality comes to mobile phones. cnet.com. Julkaistu 29.9.210. Viitattu 16.4.2018.

<https://www.cnet.com/news/augmented-reality-comes-to-mobile-phones/>

Savov, V. 2015. Microsoft announces Windows Holographic with HoloLens headset. The Verge. Julkaistu 21.1.2015. Viitattu 19.5.2018.

<https://www.theverge.com/2015/1/21/7867593/microsoft-announces-windows-holographic>

Schueffel, P. 2017. The Concise FINTECH COMPENDIUM. School of Management Fribourg. Viitattu 30.3.2018.

[http://www.heg-fr.ch/FR/HEG-FR/Communication-et-evenements/evenements/SiteAssets/Pages/patrick-schueffel/Schueffel%20\(2017\)%20The%20Concise%20FINTECH%20COMPENDIUM.PDF](http://www.heg-fr.ch/FR/HEG-FR/Communication-et-evenements/evenements/SiteAssets/Pages/patrick-schueffel/Schueffel%20(2017)%20The%20Concise%20FINTECH%20COMPENDIUM.PDF)

Sinicki, A. 2017. AR vs VR: what's the difference? Androidauthority.com. Julkaistu 1.8.2017. Viitattu 2.4.2018.

<https://www.androidauthority.com/ar-vs-vr-782176/>

Sun Microsystems. Sun Microsystems Announces Completion of MySQL Acquisition; Paves Way for Secure, Open Source Platform to Power the Network Economy. Julkaistu 26.2.2008. Viitattu 31.3.2018.

<https://web.archive.org/web/20080228025123/http://www.sun.com/about-sun/pr/2008-02/sunflash.20080226.1.xml>

Takala, T. 2017. Virtuaalitodellisuus tuo uusia työvälineitä terveydenhoitoon. LÄÄKETIETEELLINEN AIKAKAUSKIRJA DUODECIM. 2017;133(11):1031-2. Julkaistu 2017. Viitattu 5.5.2018
<http://duodecimlehti.fi/api/pdf/duo13741>

Tarmy, J. 2018. Augmented Reality Is Coming for the Real Estate Industry. Bloomberg. Julkaistu 27.3.2018. Viitattu 24.5.2018.
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-27/augmented-reality-is-coming-for-the-real-estate-industry>

Techopedia. Head-Mounted Display (HMD). Viitattu 16.4.2018.
<https://www.techopedia.com/definition/2342/head-mounted-display-hmd>

ThinkMobiles blog. 2017a. Augmented Reality in Education. Julkaistu 27.4.2017. Viitattu 18.4.2018.
<https://thinkmobiles.com/blog/augmented-reality-education/>

ThinkMobiles blog. 2017b. What is Augmented Reality (AR) and How does it work. Julkaistu 8.6.2017. Viitattu 14.4.2018.
<https://thinkmobiles.com/blog/what-is-augmented-reality/>

ThinkMobiles blog. 2017c. Augmented Reality in Medicine and Healthcare. Julkaistu 30.11.2017. Viitattu 18.4.2018.
<https://thinkmobiles.com/blog/augmented-reality-medicine/>
Unity Technologies. Multiplatform. Viitattu 24.3.2018.
<https://unity3d.com/unity/features/multiplatform>

Tremblay, J. 2018. The WHO, WHY and HOW Augmented Reality Will Dominate Retail in 2018. TotalRetail. Julkaistu 11.2.2018. Viitattu 21.5.2018.
<https://www.mytotalretail.com/article/the-who-why-and-how-augmented-reality-will-dominate-retail-in-2018/>

Truong, A. 2013. Today's Most Innovative Company: Ikea Uses Augmented Reality To Show How Furniture Fits In a Room. FastoCompany. Julkaistu 26.7.2013. Viitattu 21.5.2018.
<https://www.fastcompany.com/3014930/todays-most-innovative-company-ikea-uses-augmented-reality-to-show>

Unity Documentation 2019. Julkaistu 17.1.2019. Viitattu 1.2.2019.
<https://docs.unity3d.com/Manual/UsingTheEditor.html>

Unity Editor. 2019. Viitattu 1.2.2019.
<https://unity3d.com/unity/editor>

Unity Personal. Viitattu 7.8.2018.

https://store.unity.com/products/unity-personal?_ga=2.51658209.959952512.1533620147-1063096953.1533620147¤cy=EUR

Unity Plus. Viitattu 7.8.2018.

<https://store.unity.com/products/unity-plus?currency=EUR>

Unity Pro. Viitattu 7.8.2018.

<https://store.unity.com/products/unity-pro?currency=EUR>

Unity Public Relations. 2018. Viitattu 7.8.2018.

<https://unity3d.com/public-relations>

UusiTeknologia.fi. 2017. Lisätty todellisuus sairaaloiden testeriohjauksiin – lisää Slushissa. Julkaistu 23.11.2017. Viitattu 5.5.2018.

<https://www.uusiteknologia.fi/2017/11/23/lisatty-todellisuus-testeriohjauksiin/>

Vuforia Cloud Recognition 2018. Vuforia Developer Library. Julkaistu 2018. Viitattu 9.8.2018.

<https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Cloud-Recognition-Guide.html>

Vuforia Engine 2018. Julkaistu 2018. Viitattu 9.8.2018.

<https://www.vuforia.com/engine.html>

Vuforia Features 2018. Julkaistu 2018. Viitattu 9.8.2018.

<https://www.vuforia.com/features.html>

Vuforia Pricing 2018. Vuforia Developer Portal. Julkaistu 2018. Viitattu 10.8.2018.

<https://developer.vuforia.com/vui/pricing>

Vuforia Web Services 2018. Julkaistu 2018. Viitattu 21.1.2019

<https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Training/Using-the-VWS-API.html>

Wikitude. Viitattu 16.4.2018.

<https://www.wikitude.com/wikitude-slam/>

Williams, M. 2017. The Wearable Computer Revolution. The exponent. www.herox.com. Julkaistu 2017. Viitattu 3.4.2018.

<https://www.herox.com/crowdsourcing-news/151-the-wearable-computer-revolution>

Zynga. CSR Racing 2. Viitattu 24.5.2018

<https://www.zynga.com/games/csr-racing-2>