

# LISÄTTY TODELLISUUS

Juuso Karhu

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2013

Ohjelmistotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Karhu, Juuso	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 09.12.2013
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Lisätty todellisuus		
Koulutusohjelma Ohjelmistotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Salmikangas, Esa		
Toimeksiantaja(t) -		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan tapaa esittää virtuaalista informaatiota yhdistettynä todelliseen maailmaan. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia mitä lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan ja kuinka sitä hyödynnetään eri aloilla ja arkielämässä. Työssä tutustutaan myös tarkemmin lisätyn todellisuuden sovelluskehityksessä tarpeellisiin teknologioihin, ohjelmistokirjastoihin sekä ohjelmistokehitysympäristöihin. Työssä tutustutaan laajalti lisätyn todellisuuden historiaan ja tärkeimpiin kehityksen vaiheisiin sekä mitä lisätyn todellisuuden sovelluksilta voidaan tulevaisuudessa odottaa.</p> <p>Lisätyn todellisuuden käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat ja sitä hyödynnetäänkin paljolti varsinkin viihde- ja peliteollisuudessa, lääketieteessä, sotateollisuudessa, ja markkinoinnissa. Etenkin älypuhelinkehittämisen myötä on myös kuluttajakäyttöön suunnitellut lisätyn todellisuuden sovellukset kasvattanut suosiotaan viime vuosien aikana. Työssä esitellään muutamia mielenkiintoisia lisätyn todellisuuden sovelluksia, laitteistoja sekä tunnettujen firmojen markkinatempauksia.</p> <p>Työssä käydään läpi yleisimpiä lisätyn todellisuuden sovelluksissa käytettäviä teknologioita sekä näyttötyyppejä. Tarkemmin tutustutaan myös yleisimpiin lisätyn todellisuuden sovelluksissa käytettäviin paikannus ja seurantamenetelmiin.</p> <p>Työn lopussa käydään läpi vielä yksinkertaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen luontiprosessi. Sovellus toteutettiin käyttäen Unity3D-pelimoottoria ja Qualcomm Technologiesin kehittämää Vuforia SDK:ta. Sovelluksen tarkoituksena on opastaa lukijaa merkkipohjaisen tunnistukseen perustuvan sovelluksen luonnin aloittamiseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Augmented Reality, Lisätty Todellisuus, Ohjelmistokehitys		
Muut tiedot		



Author(s) Karhu, Juuso	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 09122013
	Pages 32	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title Augmented reality		
Degree Programme Software Engineering		
Tutor(s) Salmikangas, Esa		
Assigned by -		
<p>Abstract</p> <p>Augmented reality is a way to present virtual information merged into a real world environment. The purpose of this thesis was to study what augmented reality is and how it is used in various fields of work and everyday life. This thesis also presents some of the needed technology, software libraries and software development kits used in augmented reality software development. This thesis also contains a comprehensive study of the history of augmented reality and the most important stages of its development as well as what can be expected from augmented reality in the future.</p> <p>The uses of augmented reality are nearly limitless and it is widely used especially in the entertainment and gaming industry as well as medical industry, war industry, and marketing. The development of smartphones in particular has increased the popularity of augmented reality applications in the past few years. This work presents some of the most interesting augmented reality applications, hardware and market campaigns of some well-known companies.</p> <p>This thesis also examines the most common technologies and displays used in augmented reality applications as well as most commonly used tracking and tracing methods used in augmented reality applications.</p> <p>At the end of this thesis is a guide for creating a simple augmented reality application by using Unity3D game-engine and Vuforia software development kit created by Qualcomm Technologies. The purpose of this application is to give basic guidance of how to use marker-based tracking in development of augmented reality software.</p>		
Keywords Augmented Reality, Software development		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

KÄSITTEET .....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 LISÄTTY TODELLISUUS.....	5
2.1 Määritelmä .....	5
2.2 Historia.....	6
2.3 Lisätyn todellisuuden sovellusalueita.....	11
2.3.1 Lääketiede .....	11
2.3.2 Markkinointi .....	12
2.3.3 Pelit ja peliteollisuus.....	14
3 LAITTEISTOT JA TEKNOLOGIAT .....	16
3.1 Yleistä.....	16
3.2 Seuranta ja tunnistus.....	16
3.2.1 Merkkipohjainen tunnistus .....	17
3.2.2 Merkitön tunnistus.....	18
3.3 Näyttötyyppit.....	18
3.3.1 Päässä pidettävät näytöt.....	18
3.3.2 Kädessä pidettävät näytöt.....	20
3.3.3 Projektionäytöt.....	21
4 OHJELMISTOKEHITYS .....	22
4.1 Yleistä.....	22
4.2 Unity3D .....	22
4.3 Vuforia .....	23
4.4 Lisätyn todellisuuden sovelluksen luonti Unity3D:llä.....	23
4.4.1 Tavoitteet .....	23
4.4.2 Vaatimukset.....	24

4.4.3 Toteutus .....	24
5 POHDINTA.....	28
LÄHTEET.....	30

## Kuvioluettelo

Kuvio 1 Sensorama. (US 305870 A. 1962.) .....	7
Kuvio 2 Videoplace-järjestelmän toiminnallisuus (Myron Krueger.) .....	8
Kuvio 3 Videoplace (Myron Krueger.) .....	8
Kuvio 4 Touring Machine, käyttäjän näkymä (The Touring Machine) .....	9
Kuvio 5 2D-matriisi (Rekimoto 1998.) .....	10
Kuvio 6 Potilaan luuston visualisointi lisätyn todellisuuden avulla. (How Augmented Reality Helps Doctors Save Lives 2010.) .....	11
Kuvio 7 Starbucksin AR-sovellus (Starbucks: A True Leader in Mobile 2013.) .....	13
Kuvio 8 Nintendo 3DS ja AR-kortti (Nintendo 3DS Augmented Reality.) .....	15
Kuvio 9 Hatsune Miku: Project DIVA F (Sony Reveals Latest Features of Its AR Software) .....	16
Kuvio 10 AR-merkkejä (Siltanen 2012, 46.) .....	17
Kuvio 11 Google Glass optical head-mounted display (Google Glass. 2013.) .....	19
Kuvio 12 Space Glasses (Space Glasses 2013.) .....	20
Kuvio 13 Youtube – video sanomalehden pinnalla SixthSense -järjestelmän avulla (SixthSense.) .....	21
Kuvio 14 Vuforia SDK:n arkkitehtuuri. (Vuforia SDK Architecture 2013.) .....	23
Kuvio 15 vuforia-unity-android-ios-2-6-7 kansiorakenne .....	25
Kuvio 16 QR-koodi .....	26
Kuvio 17 Image Target Behaviour .....	26
Kuvio 18 Data Set Load Behaviour .....	27
Kuvio 19 Näkymä Unity3D editorissa. ....	27
Kuvio 20 Valmis sovellus käytössä .....	28

## KÄSITTEET

AR	Augmented reality, lisätty todellisuus.
GPS	Global positioning system; Globaali paikannusjärjestelmä.
HMD	Head-mounted display; Päähän puettava heijastusnäyttö.
HUD	Heads-up display; Läpinäkyvä heijastusnäyttö.
HUDSET	Heads-up, see through, head mounted display; Päähän puettava läpinäkyvä heijastusnäyttö.
QR code tai QR-koodi	Quick response code.
SDK	Software development kit; Ohjelmistokehitysympäristö.

# 1 JOHDANTO

Lisätty todellisuus (engl. Augmented reality) on jo vuosien ajan ollut mukana alati kasvavassa teknologioiden kehityksessä, mutta saanut aino harppauksen etenkin viime vuosien aikana. Tämä johtuu etenkin älypuhelinien yleistymisestä, sekä näissä käytetyn teknologian kehittymisestä. Lisätyn todellisuuden käyttömahdollisuudet ovat erittäin monipuoliset, mikä tekeekin siitä hyvin mielenkiintoisen tutkimuksen aiheen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi mitä lisätty todellisuus on ja sen erilaisia käyttö- ja kehitysmahdollisuuksia. Työssä perehdytään myös lisätyn todellisuuden ohjelmistokehitykseen.

Luku kaksi käsittelee yleisesti lisättyä todellisuutta. Luvun alussa määritellään mitä lisätty todellisuus on ja käydään läpi eräitä merkittävimpiä lisätyn todellisuuden kehityksen vaiheita. Luvun lopussa esitellään myös joitain lisätyn todellisuuden sovelluksia eri tieteen aloilta ja niissä käytettäviä laitteistoja.

Luvussa kolme käsitellään yleisesti lisätyn todellisuuden järjestelmissä käytettäviä laitteistoja ja näyttötyyppejä. Luku käsittelee myös erilaisia lisätyn todellisuuden sovelluksissa käytettäviä seuranta ja paikannumenetelmiä.

Luvussa neljä käsitellään lisätyn todellisuuden ohjelmistokehitystä. Luvun alussa kerrotaan yleisesti eri kehitysympäristöistä ja lisätyn todellisuuden ohjelmistokirjastoista. Tämän jälkeen perehdytään vielä tarkemmin suosittuun pelimoottoriin Unity 3D:hen sekä lisätyn todellisuuden ohjelmistokirjasto Vuforiaan. Luvun lopussa käydään läpi yksinkertaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen luonti Unity 3D:llä. Sovelluksen aiheena toimii merkkipohjaisen tunnistuksen toteuttaminen ja 3D-mallin lataaminen käyttäen apuna käyttäen apuna Vuforia -ohjelmistokirjastoa.

## 2 LISÄTTY TODELLISUUS

### 2.1 Määritelmä

Lisätyllä todellisuudella tarkoitetaan virtuaalisten asioiden yhdistämistä näkyvään ympäristöön. Se onkin useimmiten näkymä videokuvasta, johon on reaaliajassa lisätty tietokoneella luotuja virtuaalisia elementtejä. Kyseisen videomanipulaation



avulla voidaan saada aikaan vaikutelma näiden elementtien kuulumisesta alkuperäisesti kuvattuun ympäristöön. Lisätty todellisuus on kuitenkin myös paljon muutakin kuin pelkkää videomanipulaatiota, ja siihen kuuluvatkin usein myös erilaiset lisätyt äänet, kuvat ja GPS-informaatio. Joissain tapauksissa lisättyä todellisuutta käytetään myös piilottamaan aiemmin näkyvissä olleita asioita.

Toisin kuin täydellinen keinotodellisuus, jossa käyttäjän tarkoituksena on uppoutua keinotekoisesti luotuun virtuaaliseen maailmaan, on lisätyn todellisuuden tavoitteena saada käyttäjä tuntemaan virtuaalisesti luotujen objektien esiintyminen oikeassa maailmassa. Tämä tapahtuu useasti ennalta määritellyissä pisteissä käyttäen apuna esimerkiksi helposti tunnistettavia kohteita, kuten kuvia tai QR-koodeja.

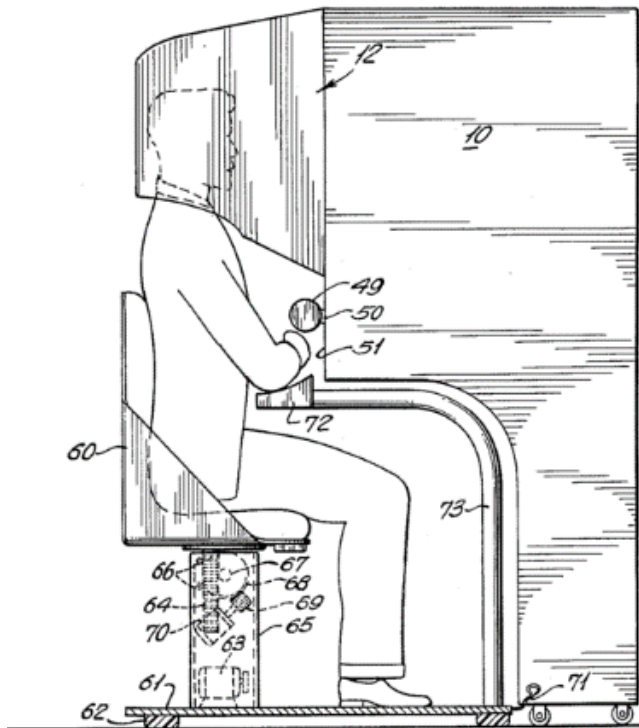
Ronald T. Azuman vuonna 1997 tekemän tutkimuksen mukaan ideaalinen augmentaatio mahdollistaisi käyttäjän ja virtuaalisten objektien välisen esiintymisen ja vuorovaikutuksen samanaikaisesti oikeassa maailmassa. (Azuma 1997, 2.)

## 2.2 Historia

Terminä lisätty todellisuus on hyvinkin uusi, ja sen uskotaan olevan peräisin vuodelta 1992. Tällöin tutkijat Thomas Caudell ja David Mizell tekivät ehdotuksen päähän puettavasta HUDSETistä, jolla olisi mahdollista esittää tietokonegrafiikkaa oikean maailman objektien päällä. Tämä poistaisi Boeing-lentokoneiden rakennuksessa tarvittavien fyysisten mallien tarpeen ja vähentäisi näin ollen huomattavasti valmistuksessa syntyviä kustannuksia. (Caudell & Mizell 1992.)

### Sensorama

Aikaisimmat todistettavat lisättyä todellisuutta hyödyntävät sovellukset löytyvät kuitenkin jo 1950-luvulta, jolloin "multimediaspesialisti" Morton Heiling halusi ihmisten kokevan elokuvat uudella tavalla. Tästä syntyi Sensorama: laite joka näytti stereoskooppista 3D-kuvaa ja toisti stereoääntä. Se pystyi myös simuloimaan tarvittaessa tuulta ja erilaisia tuoksuja elokuvan aikana. Heiling ei kuitenkaan saanut rahoitusta Sensoraman kehittämiseen, jonka myötä laitteen kehitys keskeytettiin. (Sensorama 2013.) Kuviossa 1 Sensoraman patenttihakemuksesta poimittu luonnos.



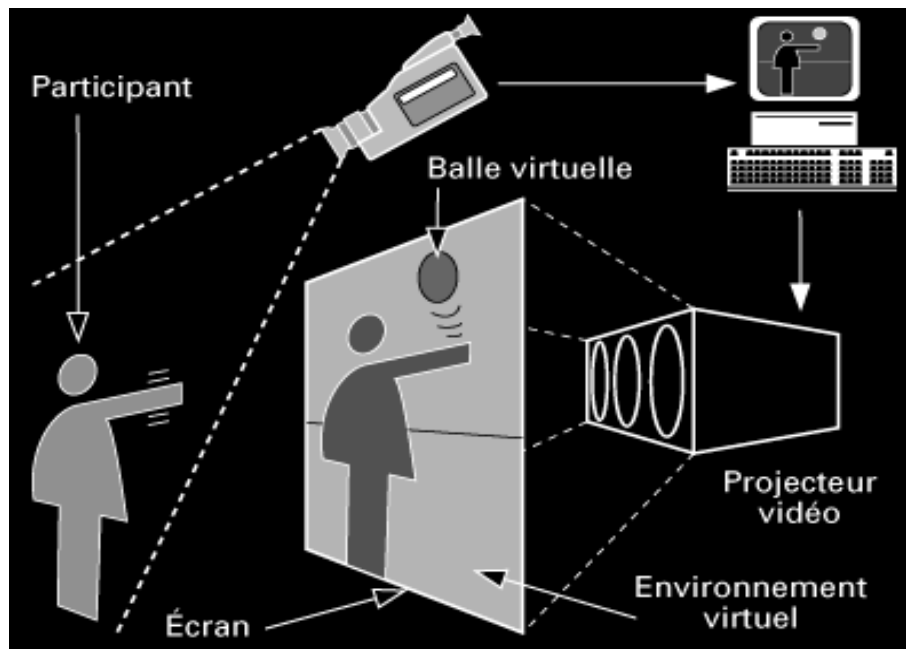
Kuvio 1 Sensorama. (US 305870 A. 1962.)

### Ivan Sutherland

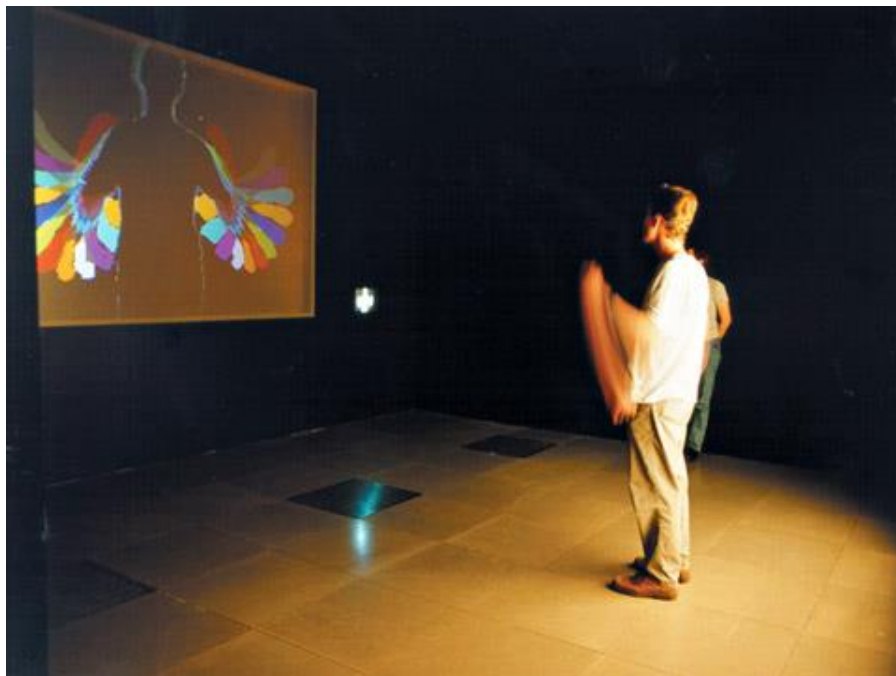
Vuonna 1968 Ivan Sutherland rakensi ensimmäisen päähän puettavan 3D-kuvaa tuottavan näytön. Tätä voidaankin kutsua ensimmäiseksi virtuaalitodellisuutta mallintavaksi laitteeksi. Kuitenkin aikaisensa teknologian rajoittamana sillä pystyi esittämään vain erittäin yksinkertaisia mallinnuksia. (Sutherland 1968.)

### Videoplace

Taiteilija Myron Kruegerin vuonna 1969 luoma Videoplace on eräs ensimmäisistä virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta apunaan hyödyntävistä taideteoksista. Kruegerin Videoplace oli tietokoneilla ohjattu mallinnus graafisesta maisemasta ja siihen lisätyistä objekteista. Järjestelmä oli kasattu useista videokameroista, graafisista taulukoista ja liikkeentunnistimista. Näiden avulla yleisö pystyi olemaan vuorovaikutuksessa kankaalle ohjatun videoprojektion kanssa. (Videoplace 2013.) Kuviossa 2 (ks. seur. s.) esitellään Videoplace-järjestelmän toimintaperiaate. Kuviossa 3 (ks. seur. s.) on esitetty Videoplace-järjestelmä käytännössä.



Kuvio 2 Videoplace-järjestelmän toiminnallisuus (Myron Krueger.)



Kuvio 3 Videoplace (Myron Krueger.)

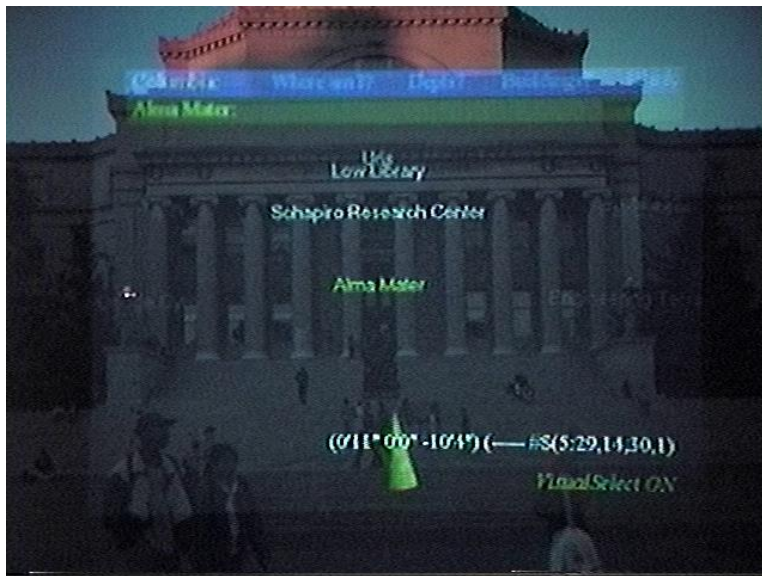
### NaviCam

Vuonna 1995 japanilaiset Jun Rekimoto ja Katashi Nagao loivat NaviCam-järjestelmän. Kyseessä oli tehokkaaseen tietokoneeseen kytketty liikuteltavan monitorin ja kameran yhdistelmä. NaviCam-järjestelmän tarkoituksena oli esittää kontekstikoh-

taista informaatiota virtuaalisesti yhdessä oikeiden objektien kanssa. Laite pystyi tunnistamaan värikoodatut merkit videosyötteestä ja esittämään tietokonegrafiikkaa niiden päälle. Esimerkkinä värikoodattu kuva toimiston ovesa kertoisi tiedot toimiston omistajasta. (Nagao & Rekimoto 1995.)

### Touring Machine

Steve Feiner esitteli vuonna 1997 ensimmäisen vapaasti liikuteltavan lisättyä todellisuutta mallintavan järjestelmän. Touring Machine -nimellä tunnettu laite koostui päähän puettavasta läpinäkyvästä näytöstä ja siihen integroidusta kallistuksen seuraajasta, selkään kiinnitettävästä tietokoneesta, GPS-tunnistimesta sekä digitaalisesta radiosta, jota käytettiin langatonta verkkoyhteyttä varten. Siihen oli myöskin lisätty kannettava kosketusnäyttö, jota voitiin ohjata osoitinkynällä. Laitetta käytettiin paikakohtaisen informaatiota esittämiseen suoraan videosyötteen kautta. (Feiner, Höllerer & MacIntyre 1997.) Kuviossa 4 nähdään ympäristö Touring Machinesta kuvattuna.

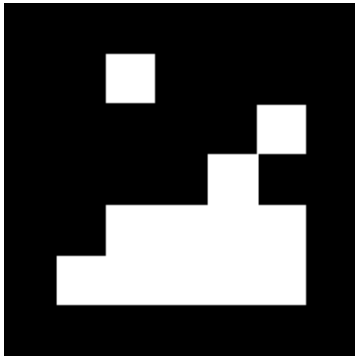


Kuvio 4 Touring Machine, käyttäjän näkymä (The Touring Machine)

### 2D-matriisi

Jun Rekimoto (1998) kehitti erään ensimmäisistä tavoista luoda lisätyn todellisuuden järjestelmiä käyttäen apunaan videokameraa ja 2D matriiseja. Rekimoton käyttämiä matriiseja on mahdollista luoda esittämään  $2^{16}$  erilaista objektia. Järjestelmä etsii videosyötteestä aiemmin mainittuja matriiseja, tunnistaa näiden arvon ja laskee arvion

kameran etäisyydestä ja kulmasta relaatiossa kyseistä matriisia kohden. Tämän jälkeen laitteen ohjelmisto esittää määritellyn virtuaalisen objektin matriisin päällä. (Rekimoto 1998.) Kuviossa 5 on esitetty 2D-matriisi.



**Kuvio 5 2D-matriisi (Rekimoto 1998.)**

### **ARToolkit**

Vuonna 1999 Hirokazu Kato ja Mark Billinghurst julkaisivat lisätyn todellisuuden ohjelmistokehitystä varten ARToolkit nimisen ohjelmakirjaston. Vielä tänäkin päivänä käytössä oleva avoimen lähdekoodin kirjasto antaa kehittäjälle mahdollisuuden tunnistaa erilaisia neliömäisiä kuvioita useista eri suunnista. Näiden kuvioiden päälle ohjelmoidut mallit liikkuvat ja kääntyvät alustansa mukana ja antavat näin ollen vaikutelman niiden kuulumisesta alkuperäisesti kuvattuun ympäristöön. (Kato & Billinghurst 1999.)

### **ARQuake**

ARQuake on lisättyä todellisuutta hyödyntävä versio id Softwaren tuottamasta ensimmäisen persoonan räiskintäpeli Quakesta. ARQuaken kehitti Bruce Thomas yhdessä Ben Closen, John Donoghuen, John Squiresin, Phillip De Bondin, Michael Morrisin ja Wayne Piekarskin kanssa Etelä Australian yliopistossa vuonna 2000. Peli oli suunniteltu toimimaan ulko- ja sisätiloissa käyttäen apunaan selässä kannettavaa tietokonetta, päähän puettavaa näyttöä (HMD), kuvan tunnistusta, GPS-paikanninta sekä digitaalista kompassia. Pelin tarkoituksena oli saada pelaaja kokemaan Quake-peli osana oikeaan maailmaan normaalin virtuaalisen tietokoneympäristön sijaan. Esiteettömässä ulkotilassa laite esitti pelin tapahtumat käyttäen GPS-paikanninta ja digitaalista kompassia. Lähellä rakennuksia ja sisätiloissa apuna toimivat seinille kiinnitetyt kuvat. (Boundi ym. 2000.)

## AR matkapuhelimessa

Mathias Möhring, Christian Lessig ja Oliver Bimble esitteli vuonna 2004 ensimmäisen matkapuhelimessa toimivan AR sovelluksen. Puhelimen kameraa käyttävä järjestelmä pystyi tunnistamaan 3D-merkkejä ja luomaan niiden päälle reaaliajassa 3D-graafikkaa. (Bimble ym. 2004.)

## 2.3 Lisätyn todellisuuden sovellusalueita

### 2.3.1 Lääketiede

Lisätty todellisuus on ollut jatkuvassa kehityksessä eri lääketieteen aloilla. Suurin osa kokeiluista liittyy usein varsinkin kirurgien koulutukseen, mutta myös käytännön sovelluksia on ollut käytössä jo vuosien ajan eri lääketieteen osa-alueilla. Digitaalisen informaation lisääminen kirurgian harjoitteluun voikin lisätä huomattavasti toimenpiteiden tarkkuutta ja onnistumisprosenttia. Leikkausten simuloinnissa lisätyn todellisuuden avulla ei myöskään tarvita oikeita potilaita ja näin ollen säästytäänkin mahdollisilta riskitilanteilta.

Vuosittain Californian Santa Clarassa järjestettävässä Augmented reality expossa on esitelty useita lääketieteeseen kehiteltyjä lisätyn todellisuuden sovelluksia ja laitteistoja. Eräs vuonna 2010 esittelystä sovelluksesta mahdollistaa potilaan luuston esittämisen lisätyn todellisuuden avulla (ks. kuvio 6). (How Augmented Reality Helps Doctors Save Lives 2010.)



Kuvio 6 Potilaan luuston visualisointi lisätyn todellisuuden avulla. (How Augmented Reality Helps Doctors Save Lives 2010.)

### **CAE ProMIS**

CAE Healthcare on kehittänyt leikkausten harjoitteluun käytettävän CAE ProMIS järjestelmän. Tällä järjestelmällä on mahdollista simuloida oikean kaltaisia leikkauksia, ja sitä käytetäänkin lääkärin ja kirurgien koulutukseen. (CAE ProMIS 2012.)

### **2.3.2 Markkinointi**

Älypuhelinien yleistymisen myötä myös erilaiset lisätyn todellisuuden sovellukset ovat alkaneet nostaa vahvasti päätään. Tämä on tuonut aivan uuden ulottuvuuden tuotteiden markkinointiin käytettävissä tavoissa.

Mobiilimarkkinoita tutkivan Juniper Researchin (2012) mukaan lisättyä todellisuutta hyödyntävien sovellusten avulla olisi vuoden 2013 aikana odotettavissa maailmanlaajuisesti lähes 300 miljoonan dollarin eli noin 226 miljoonan euron liikevaihto. Ennustusten mukaan olisi vuoteen 2017 mennessä ladattu yli 2,5 miljardia lisätyn todellisuuden mobiilisovellusta.

Toistaiseksi kuitenkin vielä kokeiluasteella olevat lisätyn todellisuuden sovellukset ovat todennäköisesti tulevaisuudessa edelleen kasvava markkinavaltti monen yrityksen liiketoiminnassa. Esimerkiksi huoneen sisustuksen suunnittelu älylasien avulla ilman varsinaisia fyysisiä esineitä on hyvinkin mahdollinen visio tulevaisuudesta.

### **Onvert**

Yksi hyvä esimerkki lisätyn todellisuuden avulla markkinoinnista on mobiililaitteissa toimiva sovellus Onvert. Mainostaja voi luoda haluamansa digitaalisen mallin tai animaation luettavaksi QR-lukijalla. Animaatiota vastaavan QR-koodin lukiessaan, mobiililaitte esittää käyttäjälle halutun animaation esimerkiksi cd-levyn kannessa tai vaikkapa elokuvaa mainostavassa julisteessa. Tämä tapahtuu lataamalla tarvittavat animaatiot ja myöskin mahdollinen audioraita suoraan käyttäjällä käytössä olevaan laitteeseen ja tarvitsee näin ollen siis verkkoyhteyden. (Onvert 2013.)

### **Lego**

Maailmanlaajuisesti tunnetun leikkikalusarjan Legon valmistajana tunnettu Lego Group on ottanut lisätyn todellisuuden käyttöön markkinoinnissaan. Yhtiö on ajanut kampanjaa, jossa asiakkaat voivat halutessaan tarkistaa haluamansa LEGO-tuotteen sisällön valmiiksi kasattuna. Asiakkaan näyttäessä tuotteen pakettia myymälöihin sijoitetun monitorin edessä tunnistaa laitteeseen kiinnitetty kamera LEGO-paketin ja

esittää tuotteesta 3D-mallin suoraan laatikon päällä. (Lego's augmented reality at IDF 2011.)

### **Nestlé**

Maailman suurin ruoka- ja juomayhtiö Nestlé on käyttänyt lisättyä todellisuutta hyväkseen kampanjoissa, jotka muuttavat muropaketit ”pelikonsoleiksi”. Paketin taustaan lisätty kuvio mahdollistaa erilaisten lyhyiden pelien pelaamisen tietokoneen, Nestlén verkkosivuilta saatavan ohjelmiston ja web-kameran avulla. Pelien aiheena ovat usein toimineet erilaiset lasten ja nuorten animoidut elokuvat. (Nestlé adds augmented reality to its cereal boxes worldwide 2011.)

### **Starbucks**

Innovatiivisista markkinatempauksistaankin tuttu maailman suurin kahvilaketju Starbucks on käyttänyt lisättyä todellisuutta apuna myyntiensä edistämässä. Yhtiön luoman mobiilisovelluksen avulla asiakkaat pystyvät kahvilaketjun teema-aiheisia mukeja kuvatessaan (ks. kuvio 7) näkemään erilaisia lyhyitä interaktiivisia animaatioita. Nämä animaatiot ovat jaettavissa erilaisten sosiaalimedioiden kautta lisäten yhtiön näkyvyyttä. (Starbucks: A True Leader in Mobile 2013.)



**Kuvio 7 Starbucksin AR-sovellus (Starbucks: A True Leader in Mobile 2013.)**



### 2.3.3 Pelit ja peliteollisuus

Yksi monipuolisimmista tavoista hyödyntää lisättyä todellisuutta ovatkin erilaiset pelit. Etenkin älypuhelimien kehitys ja tarvittavan teknologian halventuminen on luonut monelle otollisen lähtökohdan lisätyn todellisuuden pelien kehittämiseen. Useasti näiden pelien tarkoituksena on saada käyttäjä kokemaan pelin tapahtumat oikeassa maailmassa, ja tätä varten on kehitetty myös käyttötarkoitukseen sopivia laitteita. Nämä saattavat esiintyä myöskin erilaisten päähän puettavien lasien muodossa tai muina pelikonsoleina. Usein nämä laitteet vaativat lisäksi tunnistusta varten erilaisia QR-koodeja tai muita merkkejä. Tosin yhä paremman kameratunnistuksen avulla on myös mahdollista kehittää pelejä, jotka toimivat ilman lisämateriaalia.

#### **Symbian Tower Defense**

Yksi esimerkki aikaisimmista puhelimille kehitetyistä lisätyn todellisuuden peleistä on joillekin Nokian Symbian pohjaisille älypuhelimille kehitetty Tower Defense. Peli oli moderni toteutus klassisesta tower defense -tyyppisistä peleistä, joissa pelaajan on tarkoitus estää vihollisten pääsy kartan läpi rakentamalla erilaisia ansoja ja esteitä. Pelaaminen tapahtui kuvaamalla tiettyihin pisteisiin asetettuja tulostettuja kortteja, joiden päälle luodaan edelleen 3D-elementtejä. (Ten 2013.) Peli on ainakin yhä tois-  
taiseksi ladattavissa pelin luojaan Sergey Tenin kotisivuilta.

#### **ARhrrrr**

Georgia tech environments labsin luoma räiskintäpeli ARhrrrr on yksi esimerkki innovatiivisista lisätyn todellisuuden peleistä. Pelissä käyttäjän on tarkoitus ammuskella 3D-kaupungissa vaeltelevia zombeja, käyttäen apunaan mobiililaitteen kameraa ja Skittles-makeisia. Peliä varten on suunniteltu paperinen kartta jota mobiililaitteella kuvatessaan näkee käyttäjä näkymän zombien valtaamasta kaupungista. Pelin tarkoituksena on pelastaa kaupungissa vaeltelevia asukkaita zombeilta. Zombeja voidaan ammuskella ilmasta käsin, käyttäen puhelimen kameraa tai asettamalla pelilaudalle Skittles makeisia pommeiksi. Pelaaja voi räjäyttää pelilaudalle asetut Skittlesit klikkaamalla näitä mobiililaitteen näytöltä. Skittlesien väri vaikuttaa minkälaisesta pomosta on kyse. Peli päättyy kun vaadittu määrä siviilejä on pelastettu. (Augmented Reality Game Fights Zombies With Skittles 2009.)

## Nintendo 3DS

Japanilaisen videopelikonsolien sekä videopelien kehittämiseen keskittynyt yritys Nintendo julkaisi Euroopassa vuonna 2011 ilman erikoislaseja 3D-efektejä tuottavan käsipelikonsolinsa Nintendo 3DS:n. Tämä laite sekä sen mukana tulleet nintendoteemaiset "AR-kortit" mahdollistavat jo paketista tullessaan useiden eri lisätyn todellisuuden pelien pelaamisen. Konsolilla AR-kortteja kuvatessaan pelaajan on mahdollista kokea pelit vaikkapa keittiönsä pöydällä. (Nintendo 3DS Augmented Reality.) Kuviossa 8 Nintendo 3DS käytössä.



Kuvio 8 Nintendo 3DS ja AR-kortti (Nintendo 3DS Augmented Reality.)

## Hatsune Miku: Project DIVA F

Hatsune Miku: Project DIVA on japanilainen PlayStation Vita:lle ja PlayStation 3:lle julkaistu rytmipelisarja, jonka keulahahmona toimii erittäin suositusta Vocaloid-tuoteperheestä tunnettu Hatsune Miku. Vocaloid on japanilainen laulusyntetisaattori, jonka äänipankeja kutsutaan Vocaloideiksi. Useisiin näistä äänipankeista on liitetty visuaalisia hahmoja, joista tunnetuimpana Hatsune Miku. (Hatsune Miku: Project DIVA F)

Project DIVA F peliin luodun lisätyn todellisuuden moodin avulla on mahdollista saada Miku tanssimaan ja laulamaan konsolilla kuvatussa ympäristössä. (ks. kuvio 9.)



Kuvio 9 Hatsune Miku: Project DIVA F (Sony Reveals Latest Features of Its AR Software)

### 3 LAITTEISTOT JA TEKNOLOGIAT

#### 3.1 Yleistä

Kaikki lisätyn todellisuuden ohjelmistot vaativat toimiakseen tietynlaiset laitteistot. Näistä tärkeimpinä toimivat prosessori, näyttö, sensorit ja jonkinlainen tiedonsyöttölaite. Tästä syystä modernit kuluttajakäyttöön suunnitellut mobiililaitteet, kuten älypuhelimet, luovat erittäin hyvän alustan lisätyn todellisuuden ohjelmistojen kehittämiseksi. Monet yritykset ovat myöskin luoneet tätä varten kokonaan omia laitteistoja, joista muutamia esimerkkejä on käsitelty näyttötyyppien yhteydessä luvussa 3.3.

#### 3.2 Seuranta ja tunnistus

Yleinen ongelma lisätyn todellisuuden sovelluksissa on yrittää luoda vakuuttava illuusio virtuaalisen ja todellisen informaation yhteneväisyydestä. Tätä varten käytetään useita erilaisia tunnistus- ja paikannusmenetelmiä. Näillä menetelmillä yritetään selvittää kameran kulma ja sijainti kuvatussa ympäristössä. Nämä menetelmät voidaan karkeasti jakaa kahteen pääkategoriaan, merkkipohjaiseen tunnistukseen ja merkittömään tunnistukseen. Useasti luotettavimman tunnistukseen saamiseksi käytetään

useampia menetelmiä tai niiden yhdistelmiä. Käytettyjä menetelmiä ovat muun muassa kiihtyvyyssanturit, gyroskoopit, ultraääni, magneettikentät, GPS-seuranta sekä optinen seuranta. (Augmented Reality 2013.)

### 3.2.1 Merkkipohjainen tunnistus

Merkkipohjaisessa tunnistuksessa (engl. Marker-based tracking) käytetään ennalta määritettyjä, helposti havaittavia merkkejä (engl. marker) tai kuvioita. Nämä merkit tunnistaessaan järjestelmä laskee kameran kulman ja sijainnin merkkiä kohden. Tunnistuksen jälkeen haluttu objekti luodaan näkyväksi oikeaan sijaintiinsa. Sanni Silta-  
nen määrittelee merkkien tunnistusprosessin seuraavasti:

0. Kuvan ottaminen
1. Kuvan esikäsittely
2. Potentiaalisten merkkien tunnistus ja selvien ”ei-merkkien” hylkäys
3. Merkkien tunnistus ja dekodaus
4. Merkkien suunnan ja asennon laskelmointi

Kuvan ottamisen jälkeen se esikäsitellään poistamalla siitä säröt ja etsimällä mahdolliset merkkien reunat. Näiden avulla valitaan potentiaaliset merkit tarkempaa tunnistusta varten ja poistetaan selvät ”ei-merkit” (engl. non-marker). Tämän jälkeen selvät merkit tunnistetaan ja dekodataan niiden sisältö. Lopuksi vielä lasketaan merkin sijainti ja asento iteroimalla. (Siltanen 2012, 40.) Kuviossa 10 on esitelty muutamia merkkipohjaisessa tunnistuksessa käytettäviä merkkejä.



Kuvio 10 AR-merkkejä (Siltanen 2012, 46.)

### 3.2.2 Merkitön tunnistus

Merkitön tunnistus tapahtuu havaitsemalla ympäristössä valmiiksi esiintyviä helposti tunnistettavia piirteitä, kuten rakennusten kulmia tai tasaisia pintoja. Merkitön tunnistus voi tapahtua myös GPS-sijainnin, infrapunasensorien, kompassin tai gyroskoopin, tai näiden yhdistelmien avulla. Merkittömässä tunnistuksessa yleisin esiintyvä ongelma on kuvatun ympäristön epäsäännöllisyys, sekä kameran syvyyšnäön puuttuminen. (Why 3d markerless tracking is difficult for mobile augmented reality. 2009.)

## 3.3 Näyttötyypit

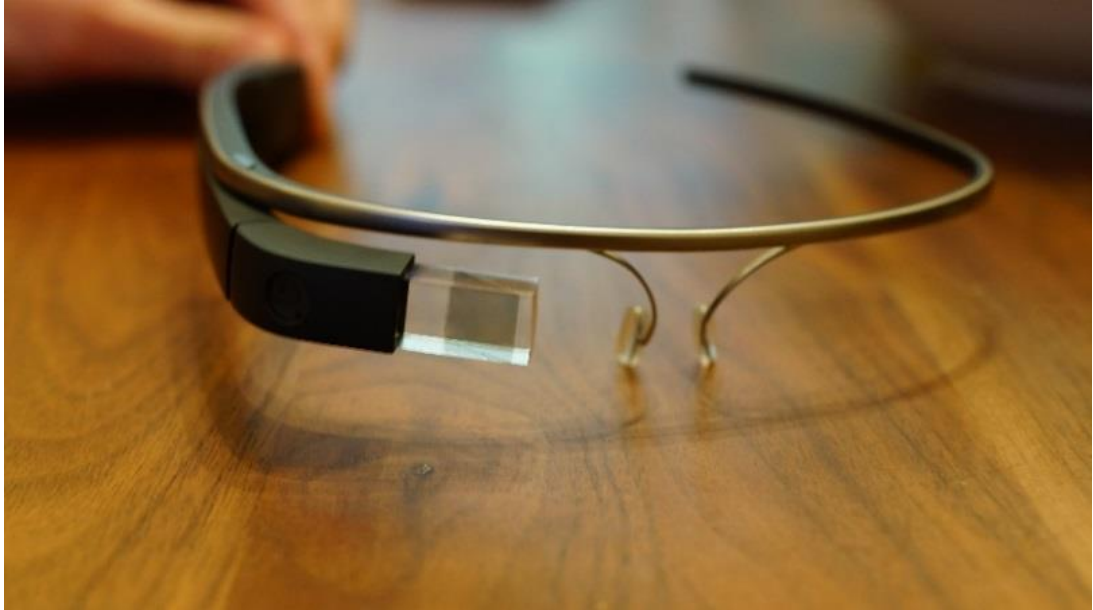
### 3.3.1 Päässä pidettävät näytöt

Päässä pidettävät näytöt jakautuvat kahteen luokkaan, optisiin näyttöihin ja videonäyttöihin. Optinen näyttö koostuu läpinäkyvästä pinnasta johon virtuaalinen informaatio heijastetaan. Videonäyttö sen sijaan esittää kameralla kuvatun ympäristön ja siihen liitetyn virtuaalisen informaation läpinäkymättömällä pinnalla. Molemmissa näyttötyypeissä on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Optisen näytön avulla käyttäjä näkee ympäristön muuttumattomana, mutta virtuaalisen informaation yhdistäminen tähän reaaliajassa tuottaa usein ongelmia, ja saattaakin luoda heikon illuusion virtuaalisen ja todellisuuden yhdistymisestä. Videonäytöllä virtuaalinen informaatio lisätään videokuvaan ennen sen esittämistä, mikä mahdollistaakin huomattavasti todentuntuisemman käyttäjäkokemuksen. (Augmented Reality 2013.)

### Google glass

Googlen kehityksessä oleva Google Glass on tietokone älylasien muodossa. Nämä puettavat lasit ovat loistava esimerkki tämänhetkisestä kehityksessä olevasta lisättyä todellisuutta hyödyntävästä teknologiasta. Lasit mahdollistavat kuvien ja videon tallentamisen, ja niillä voi soittaa sekä lähettää tekstiviestejä. Lasien käyttöjärjestelmänä toimii Android. Suoraan käyttäjän silmille esitettävä digitaalinen informaatio sekä langaton kokonaisuus luovat loistavan pohjan monelle lisätyn todellisuuden sovelluksille. (Google glass 2013.)

Google-lasit ovat myöskin kooltaan ja muotoilultaan pienemmät kuin monet markkinoilla olevat virtuaalitodellisuutta tai lisättyä todellisuutta hyödyntävät päähän puettavat tuotteet. Tätä voidaankin pitää eräänä markkinavalttina, sillä monet pitävät isojen lasien käyttöä julkisesti kiusallisena. Kuviossa 11 Google glass.

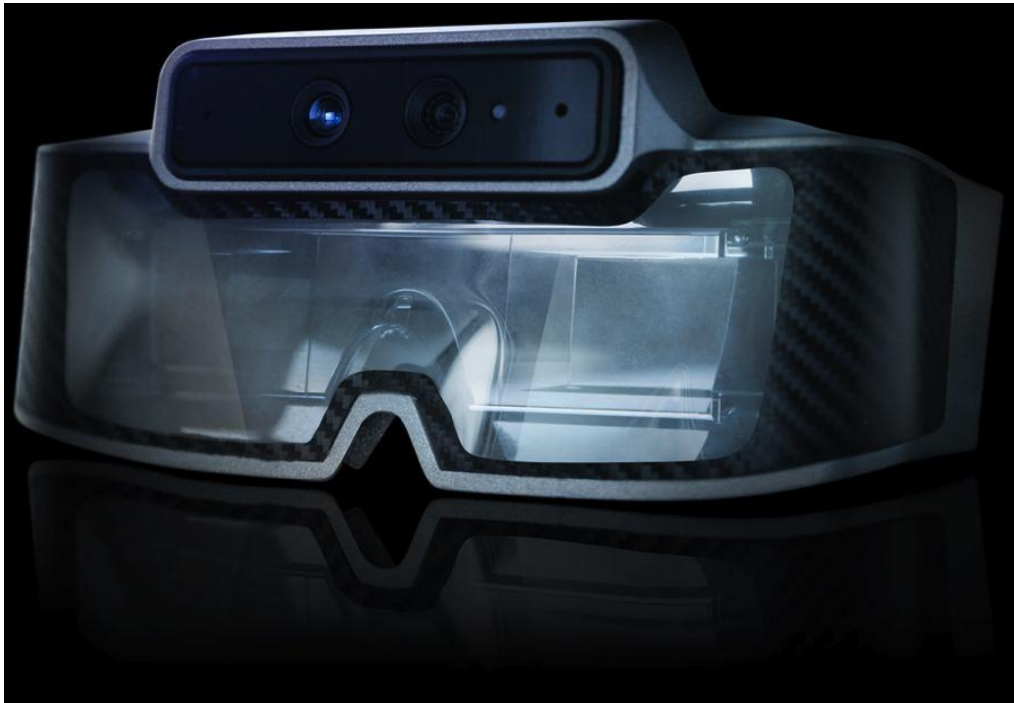


**Kuvio 11 Google Glass optical head-mounted display (Google Glass. 2013)**

Toistaiseksi kuitenkin vain hyvin harva on päässyt kokeilemaan laseja käytännössä, mutta näiden uskotaan tulevan myyntiin yksityisille käyttäjille vuoden 2014 aikana. (Google Glass 2013.)

### **Space glasses**

Meta on luonut space glasses -nimiset älylasit (kuvio 12 ks. seur. s.), joille on mahdollista kehittää useita monipuolisia lisätyn todellisuuden sovelluksia. Sovelluskehitys toimii käyttäen Unity3D -pelimoottoria ja yhtiö tarjoaakin lasien ostajille tätä varten oman SDK-ohjelmiston. Lasien mukana tulevan valmiin ohjelmiston avulla on muun muassa mahdollista pelata shakkia, laser tagia sekä luoda 3D-mallinnuksia, jotka on mahdollista tulostaa 3D-tulostimen avulla. (Space Glasses 2013.)



**Kuvio 12 Space Glasses (Space Glasses 2013.)**

### **Bionic contact lenses**

Bionic contact lenses ovat kehitteillä oleva teknologia, jonka tavoitteena on mahdollistaa virtuaalisen kuvan esittäminen suoraan ihmisen silmille langattomasti piilolasien avulla. Tämä voikin tulevaisuudessa mahdollistaa useiden monipuolisten lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämisen.

Vuonna 2011 Washingtonin yliopiston tutkimusryhmä onnistui luomaan piilolasit, joilla on mahdollista esittää yhden pikselin kokoista kuvaa suoraan ihmisen silmille. Nämä piilolasit todettiin silmille harmittomaksi kaneilla toteutetuissa testeissä. Vaikkakin toistaiseksi käyttömahdollisuudet näille lasille jäävätkin hyvin rajoitetuksi, ovat ne kuitenkin todiste siitä, että tällaisten lasien luominen ja kehittäminen ihmisten käyttöön on tulevaisuudessa hyvinkin mahdollista. (Big step forward for safety of bionic contact lenses 2011.)

### **3.3.2 Kädessä pidettävät näytöt**

Kädessä pidettävät näytöt ovat pienikokoisia ja helposti mukana kannettavia laitteita. Näitä ovat esimerkiksi älypuhelimet, kannettavat tietokoneet ja taulutietokoneet. Näissä laitteissa on oltava ainakin jonkinlainen näyttö ja kamera, jotta niille voidaan kehittää lisätyn todellisuuden sovelluksia. Varsinkin uusimmat älypuhelimet ovat hyvin houkuttelevia alustoja lisätyn todellisuuden sovelluksille. Ne sisältävät

usein valmiiksi useita tarvittavia teknologioita, kuten kompassin, kameran ja GPS- vastaanottimen. (Augmented Reality 2013.)

### 3.3.3 Projektionäytöt

Projektionäytöillä tarkoitetaan laitetta, jolla esitetään tietokoneen tai muun laitteen tuottama kuvasignaali valkokankaalla tai muulla pinnalta heijastuvana kuvana. (Videoprojektori 2013.) Modernit projektionäytöt ovat kokonsa puolesta hyvinkin pieniä, vain tavallisen matkapuhelimen luokkaa.

Yksi esimerkki projektionäytöistä lisätyn todellisuuden ohjelmistokehityksessä on MIT Media Labin kehittämä SixthSense -järjestelmä. Projektorista, peilistä ja kamerasta koostuva kokonaisuus on kasattu kaulariipukseen, joka on langattomassa yhteydessä käyttäjän taskussa sijaitsevaan mobiililaitteeseen. Laite seuraa käyttäjän kärsien liikkeitä ja ympärillä olevia fyysisiä objekteja ja esittää näistä interaktiivista tietoa videoprojektorin avulla. Esimerkiksi valokuvan ottaminen laitteella tapahtuu pelkkien käsieleidein avulla. (SixthSense 2010.) Kuviossa 13 nähdään Youtube-video sanomalehden pinnalle heijastettuna SixthSense -järjestelmän avulla.



Kuvio 13 Youtube – video sanomalehden pinnalla SixthSense -järjestelmän avulla (SixthSense.)



## 4 OHJELMISTOKEHITYS

### 4.1 Yleistä

Ensimmäinen ja edelleen eräs käytetyimmistä lisätyn todellisuuden ohjelmistokehitykseen luoduista kirjastoista on Hirokazu Katon luoma *ARToolkit* ja siitä kehittyneet versiot, kuten Flash sovelluksia varten luotu *FLARToolkit*. Nykyisin on kuitenkin saatavilla myös kattava määrä muita lisätyn sovellusten luontiin käytettäviä kirjastoja ja kehitysympäristöjä. Näistä tunnetuimpina mainittakoon *Metaio*, *Wikitude*, *Layar*, *D'Fusion*, *String*, ja *Vuforia*. Suurimmat erot eri kirjastojen välillä on kuitenkin mille alustoille sovellusten toteutus on mahdollista, sekä tunnistukseen ja seurantaan käytetyt menetelmät. Osa kirjastoista tukee ainoastaan merkkipohjaista tunnistusta, kun taas osassa on mahdollista toteuttaa myös merkittömään tunnistukseen pohjautuvia AR-sovelluksia. Sovelluskehitykseen valittavan kirjaston valinnassa kannattaa ottaa huomioon luotavan sovelluksen kohdealusta, sekä millaista seuranta ja tunnistusta halutaan käyttää. Kirjastojen kattavan määrän vuoksi käydään tässä luvussa tarkemmin läpi ainoastaan Qualcomm Technologiesin kehittämä *Vuforia*, jota käytettiin kappaleessa 4.4 toteutetussa demossa yhdessä Unity3D-pelimoottorin kanssa.

### 4.2 Unity3D

Unity3D on järjestelmäriippumaton pelimoottori, joka mahdollistaa sovelluskehityksen samanaikaisesti useille eri alustoille. Unityn sisäänrakennetun IDE:n avulla sovellusten kehittäminen on visuaalisesti hyvin selkeää, ja kehittäjä näkeekin jo kehitysvaiheessa tekemänsä ohjelmiston ulkonäön. Sovelluksissa tarvittavien skriptien kirjoittaminen on mahdollista ainakin JavaScriptillä, C#:lla ja Boolla. Useat kattavat kirjastot ja SDK:t mahdollistavat lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämisen Unity3D:n avulla.

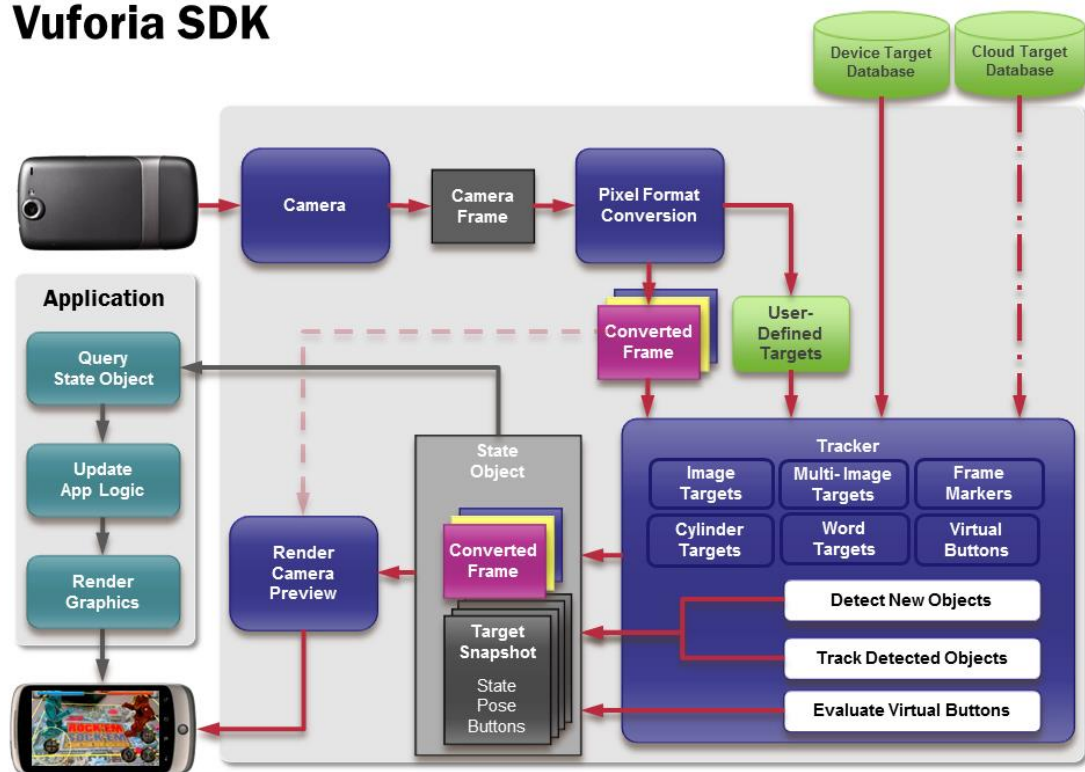
Kirjoitushetkellä ohjelmistojen kääntäminen Unityllä toimii ainakin seuraaville alustoille: *Blackberry 10*, *Windows 8*, *Windows Phone 8*, *Windows*, *Mac*, *Linux*, *Android OS*, *iOS*, *Unity Web Player*, *Adobe Flash*, *PlayStation 3*, *Xbox 360*, *Wii U* sekä *Wii*. (Unity3D 2013.)

### 4.3 Vuforia

Qualcomm Technologiesin kehittämä Vuforia SDK on kamerapohjaisten lisätyn todellisuuden ohjelmistojen kehittämistä varten luotu ohjelmakirjasto. Sen avulla on mahdollista luoda sovelluksia Android- ja iOS-alustoille. Vuforia SDK on myös saatavilla Unity3D pelimoottorille.

Vuforiilla luodut ohjelmistot käyttävät mobiililaitteen kameraa erilaisten ennalta määriteltyjen kohteiden tunnistamiseen ja esittävät käyttäjälle näihin kohteisiin määritetyt mallit, animaatiot ja toteuttavat näihin ohjelmoidut logiikat. (Qualcomm Vuforia 2013.) Kuviossa 14 Vuforian arkkitehtuuri.

### Vuforia SDK



Kuvio 14 Vuforia SDK:n arkkitehtuuri. (Vuforia SDK Architecture 2013.)

### 4.4 Lisätyn todellisuuden sovelluksen luonti Unity3D:llä

#### 4.4.1 Tavoitteet

Tämän kappaleessa on tarkoituksena käydä läpi hyvin yksinkertaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen luontiprosessi ja antaa lukijalle tarpeellinen ohjeistus vastaavan sovelluksen luomiseen.

Työn tarkoituksena oli oppia luomaan lisätyn todellisuuden sovelluksia Unity 3D-pelimoottorilla, sekä tutustua luontihetkellä saatavilla oleviin lisätyn todellisuuden ohjelmistokehitystyökaluihin. Kappaleessa 4.4.2 olevien vaatimusten perusteella on työssä käytetyksi ohjelmistokehityskirjastoksi valittu Qualcomm Technologiesin Vuforia. Valintaan vaikutti myös useiden verkosta löytyvien keskustelupalstojen positiiviset kommentit kyseistä kirjastoa kohtaan.

#### **4.4.2 Vaatimukset**

Työn vaatimuksina oli kehittää yksinkertainen merkkipohjaista tunnistusta käyttävä sovellus. Sovelluksen tulisi tunnistaa ennalta määritelty merkki ja tunnistuksen tapahtuessa esittää sen päällä jokin yksinkertainen 3D-malli. Sovellus tulisi olla käännettävissä ainakin uusimmille Android ja iOS-käyttöjärjestelmän älypuhelimille.

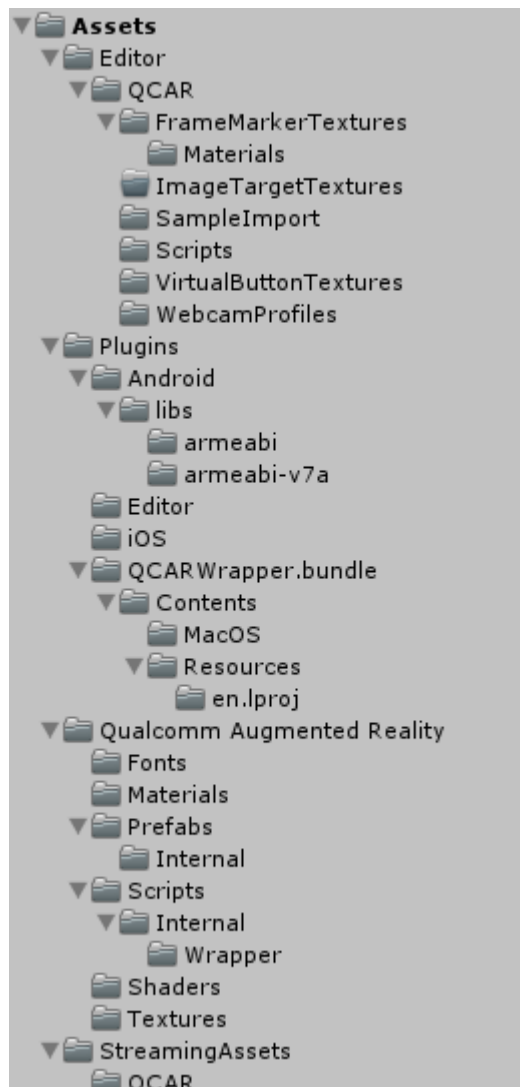
#### **4.4.3 Toteutus**

Kaikki työskentely tapahtui Windows 7 käyttöjärjestelmällä käyttäen seuraavia ohjelmistoja ja kirjastoja:

- Unity3D (versio.4.2.0)
- vuforia-unity-android-ios-2-6-7.

Sovelluksen kehityksessä käytettävät kirjastot ja ohjelmistot ovat ladattavissa näiden valmistajien verkkosivuilta ja saattavat vaatia sivuille rekisteröitymisen. Työn toteutuksessa apuna käytetty ohjeistus löytyy Vuforia developer -verkkosivustolta

Aluksi luodaan uusi Unity projekti johon lisätään tarvittava vuforia-unity-android-ios-2-6-7 lisäosa. Tämä tapahtuu Unityn "import package" -ominaisuuden avulla. Tämän prosessin jälkeen Unityn Project ikkunasta löytyvän "Assets" -kansiorakenteen tulisi näyttää seuraavalta (kuvio 15. ks. seur. s.).



**Kuvio 15 vuforia-unity-android-ios-2-6-7 kansiorakenne**

Seuraavaksi on luotava tulevalle 3D-mallille kohde, jonka ohjelmisto myöhemmin tunnistaisi kameran videosityötteestä. Tämä tapahtuu Vuforia developer -verkkosivustolta löytyvän Target Managerin avulla. Toiminnon käyttäminen vaatii sivustolle rekisteröitymisen.

Tunnistettavaa kuvaa varten tulee luoda uusi tietokanta joko Vuforian pilvipalvelimille tai laitekohtaiseen käyttöön. Tässä tapauksessa laitekohtainen tietokanta on oikein hyvä ratkaisu. Uusi tietokanta luodaan klikkaamalla ”Create Database” – painiketta. Uusi kanta vaatii nimen, tällä kertaa nimenä toimi ”ar\_test”. Kannan hallintaan pääsee klikkaamalla tämän nimeä.

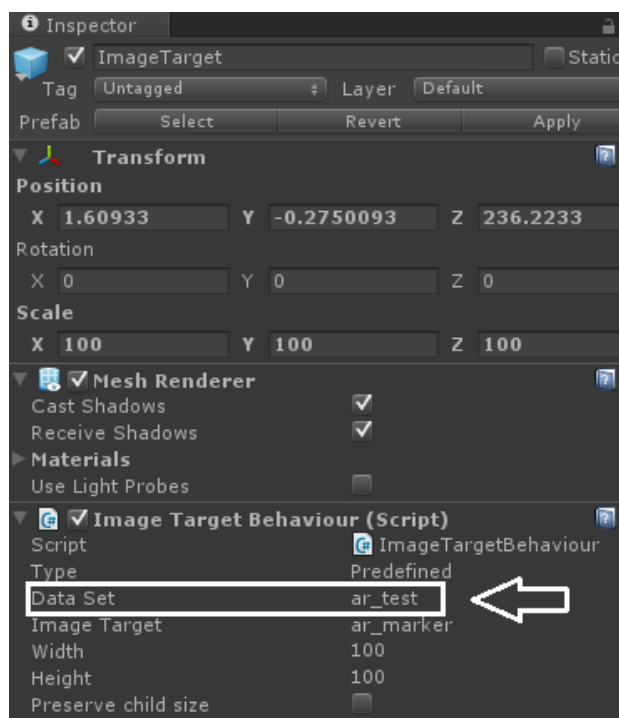
Seuraavaksi tarvitaan kuva tunnistusta varten. Tässä tapauksessa luotu QR-koodi tehtiin käyttäen goqr.me verkkosivustolta löytyvää ilmaista generaattoria. Tämän jäl-

keen kuva ladataan Vuforiaan sivustolle käyttäen ”Add Target” -toimintoa. Kuvan tyyppiä asetetaan ”Single Image” ja leveydeksi 100. Tämän jälkeen sivusto luo sovelluksen käyttöön sopivan kuvan, joka pystytään lataamaan Unitylle sopivassa muodossa. Kuviossa 16 näkyy luotu QR-koodi.



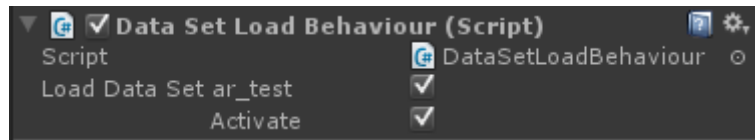
**Kuvio 16 QR-koodi**

Seuraavaksi tulee korvata projektista oletuksena löytyvä ”Main Camera” -objekti Vuforiaan ARCameralle. Luotu kuva vaatii myös alustan, jota varten projektin hierarkiaan lisätään myös ImageTarget. ARCamera sekä ImageTarget löytyvät edellisellä sivulla kuviossa 14 esitellystä kansiorakenteesta *Qualcomm Augmented Reality - Prefabs* kansioista. Tämän jälkeen aiemmin luotu ar\_test -kuva tuodaan projektiin käyttäen import -toimintoa. Kuva lisätään ImageTargetin Data Settiin, kuten kuviossa 17 on esitetty.



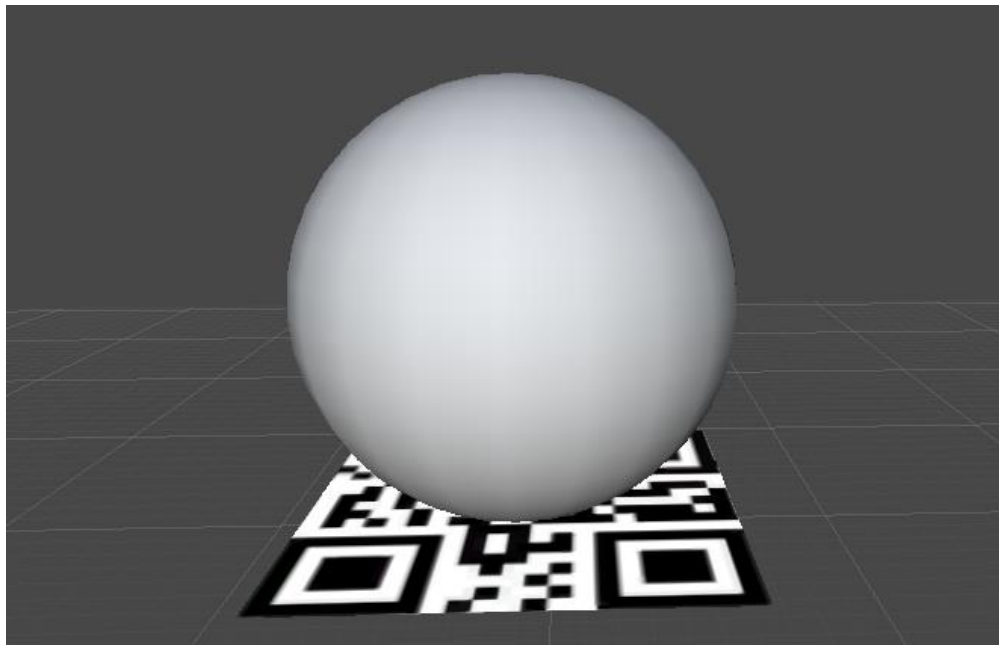
**Kuvio 17 Image Target Behaviour**

Tämän jälkeen asetetaan ARCameran Data Setin lataus aktiiviseksi, kuten kuviossa 18 on esitetty.

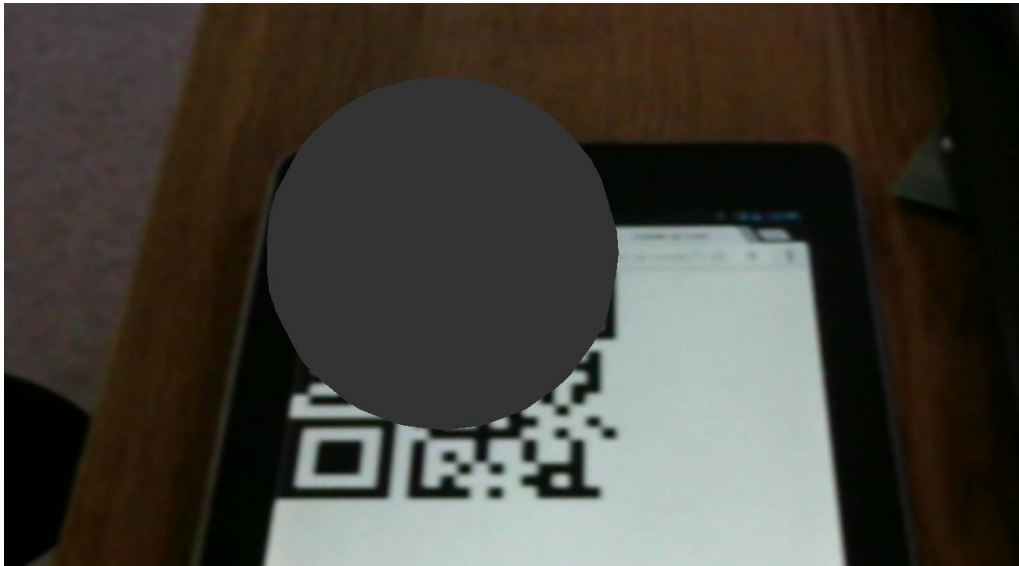


**Kuvio 18 Data Set Load Behaviour**

Seuraavaksi sovellus tarvitsee jonkin mallin, joka esitetään kameran tunnistessa käytetty QR-koodi. Tätä varten luodaan yksinkertainen pallo joka lisätään ImageTargetin lapseksi. Pallon luonti tapahtuu GameObject -valikosta löytyvän Create Other -valikon alta. Myös pallon skaalaukset ja koordinaatit säädetään kuvalle sopivaksi. Tämän jälkeen ohjelmisto on käännettävissä ja testattavissa tuetuissa laitteissa. Kuviossa 19 on esitetty tehty tuotos Unityn editorissa. Kuviossa 20(ks. seur. s.) näkyy luotu sovellus käytössä.



**Kuvio 19 Näkymä Unity3D editorissa.**



Kuvio 20 Valmis sovellus käytössä

## 5 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli perehtyä yleisesti lisättyyn todellisuuteen ja varsinkin sen ohjelmistokehityksessä käytettäviin teknologioihin. Aihetta käsitteleviä suomenkielisiä toteutuksia on toistaiseksi saatavilla jokseenkin pienehkö määrä ja tästä syystä tämä tutkimus onkin toteutettu suomeksi. Työhön löytyi hyvinkin runsaasti kattavaa englanninkielistä aineistoa, joista monesta on käyty läpi ainakin oleelliset osat. Työn tarkoituksena oli myös saada käytännön kokemusta lisätyn todellisuuden sovellusten kehittämisestä ja tämä tapahtuikin luvussa 4 toteutetun pienehkö sovelluksen avulla. Työn toteutuksen alkuvaiheessa en tiennyt että lisättyä todellisuutta käsittelevää aineistoa on saatavilla näinkin valtaiset määrät ja tämä toikin ongelmaksi kartoittaa mielestäni oleellisin informaatio. Tämä toteutui kuitenkin mielestäni kohdallisen hyvin ja näen onnistuneeni esittämään historian ja ohjelmistokehityksen kannalta tarpeelliset asiat yleisesti, sekä antamaan suuntaa aiheesta kiinnostuneille vielä tarkempiin tutkimuksiin. Eräs ongelma työn kirjoittamisessa oli myös lisättyyn todellisuuteen liittyvien englanninkielisten termien kääntäminen fiksusti suomenkielille. Lisätty todellisuus ei itsessään ole monenkään käytössä vakiintunut termi, mutta uskon sen olleen parempi termi tässä työssä.

Tekemieni tutkimusten perusteella uskon lisätyn todellisuuden ohjelmistojen ja laitteiden kehityksen jatkuvan kiivaasti edelleen tulevaisuudessa. Tästä esimerkkinä toi-

mikoon monien suurten tunnettujen yhtiöiden kiinnostus lisätyn todellisuuden tuotteistamiseen. Esimerkiksi Googlen luomat älylasit. Uskon myös lisätyn todellisuuden sovellusten saatavuuden ja näkyvyyden kasvamiseen. Tästä esimerkkinä toimikoon - jo työssä useasti mainittu - älypuhelisten kehittyminen otollisina lisätyn todellisuuden sovellusten alustoina.

Opin työn eri vaiheiden aikana paljon minulle ennestään tuntematonta informaatiota lisätyn todellisuuden sovelluskehityksestä, historiasta ja etenkin sen useista käyttömahdollisuuksista. Työssä on nimetty useita lisätyn todellisuuden sovelluskehityksessä käytettäviä kirjastoja ja ohjelmistoja. Uskonkin tämän antavan hyvän lähtökohdan lisätyn todellisuuden sovelluskehityksestä kiinnostuneille henkilöille.

Vaikkakin mielestäni lisätyn todellisuuden tulevaisuus on hyvinkin valoisa, on sillä edessä vielä useita ongelmia. Vaikkakin matkapuhelimet toimivat yhä useampien lisätyn todellisuuden sovellusten alustoina, on päässä pidettävien laitteistojen ongelmana edelleen niiden koko ja rajoitettu teknologia. Monet myös kokevat useiden päässä pidettävien laitteistojen käyttöä julkisesti kiusallisena.



## LÄHTEET

- Augmented Reality Game Fights Zombies With Skittles. 2009. Artikkele Kotakun verkkosivustolla. Viitattu 06.12.2013. <http://kotaku.com/5293855/augmented-reality-game-fights-zombies-with-skittles>
- Azuma, R. 1997. A Survey of Augmented Reality. Viitattu 07.08.2013. <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- Big step forward for safety of bionic contact lenses. 22.10.2011. Artikkele Washingtonin yliopiston sivustolla. Viitattu 03.10.2013. <http://www.washington.edu/news/2011/11/22/big-step-forward-for-safety-of-bionic-contact-lenses/>
- Billinghurst, M. & Kato, H. 1999. Marker Tracking and HMD Calibration for Video-based Augmented Reality Conferencing System. Viitattu 01.09.2013. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=803809&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=803809&tag=1)
- Bimble, O., Möhring, M., Lessig, C. 2004. Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones. Viitattu 01.09.2013. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1383062&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1383062&tag=1)
- Boundi, P., Close, B., Donoghue, J., Morris, M., Piekarski, W., Squires, J., Thomas, B. 2000. ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application. Viitattu 17.08.2013. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=888480>
- CAE ProMIS. 2012. PDF -dokumentti. Viitattu 08.09.2013. <http://cae-healthcare.com//images/uploads/brochures/ProMIS.pdf>
- Caudell, P & Mizell, D. 1992. Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. Viitattu 06.08.2013. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=183317&isnumber=4717&pnumber=378&k2dockey=183317@ieeecnfs>
- Feiner, S., Höllerer, T., MacIntyre, B., Webster, A. 1997. Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environments. Viitattu 16.08.2013. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=629922](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=629922)
- Google Glass. 2013. Artikkele Wikipedian sivustolla. Viitattu 21.08.2013. [http://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_Glass](http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass)
- Hatsune Miku: Project DIVA F. N.d. Artikkele Wikipedian sivustolla. Viitattu 06.12.2013. [http://en.wikipedia.org/wiki/Hatsune\\_Miku:\\_Project\\_DIVA\\_F](http://en.wikipedia.org/wiki/Hatsune_Miku:_Project_DIVA_F)
- Krueger, M. N.d. Artikkele digital agen sivustolla Viitattu 15.08.2013. <http://thedigitalage.pbworks.com/w/page/22039083/Myron%20Krueger>
- How Augmented Reality Helps Doctors Save Lives. 2010. Artikkele readwrite sivustolla. Viitattu 08.08.2013. <http://readwrite.com/2010/06/02/how-augmented-reality-helps-doctors-save-lives>

Lego's augmented reality at IDF. 2011. Artikkelele engadgetin sivustolla. Viitattu 17.08.2013. <http://www.engadget.com/2011/09/18/legos-augmented-reality-at-idf-eyes-on-video/>

Lisätty Todellisuus. 2013. Artikkelele Wikipedian sivustolla. Viitattu 08.10.2013. [http://fi.wikipedia.org/wiki/Lis%C3%A4tty\\_todellisuus](http://fi.wikipedia.org/wiki/Lis%C3%A4tty_todellisuus)

Nagao, K. & Rekimoto, J. 1995. The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments. Viitattu 16.08.2013. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=215639>

Nestlé adds augmented reality to its cereal boxes worldwide. 2011. Artikkelele Nestlén sivustolla. Viitattu 20.08.2013. <http://www.nestle.com/Media/NewsAndFeatures/Nestle-adds-augmented-reality-to-cereal-boxes>

Nintendo 3DS Augmented Reality. N.d. Viitattu 15.08.2013. <http://www.nintendo.co.uk/Nintendo-3DS/Instant-Software/AR-Games-Augmented-Reality/AR-Games-Augmented-Reality-115169.html>

Nintendo 3DS. N.d. Viitattu 15.08.2013. <http://www.nintendo.com/3ds/what-is-nintendo-3ds/>

Onvert. 2013. Onvert palvelun verkkosivusto. Viitattu 17.08.2013. <http://www.onvert.com>

Press Release: Augmented Reality Mobile Apps to Generate Nearly \$300mn in Revenues Next Year, Juniper Report Finds. 2012. Artikkelele Juniper Researchin sivustolla. Viitattu 20.08.2013. <http://www.juniperresearch.com/viewpressrelease.php?pr=348>

Qualcomm Vuforia. 2013. Qualcommin Technologiesin verkkosivusto. Viitattu 01.11.2013. <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>

Rekimoto, J. 1998. Matrix: A Realtime Object Identification and Registration Method for Augmented Reality. Viitattu 16.08.2013. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=704151](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=704151)

Sensorama. 2013. Artikkelele Wikipedian sivustolla. Viitattu 06.08.2013. <http://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>

Siltanen, S. 2012. Theory and applications of marker-based augmented reality. Viitattu 07.12.2013. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S3.pdf>

SixthSense. 2010. Artikkelele liittyen SixthSense – järjestelmään. Viitattu 08.12.2013. <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>

Sony Reveals Latest Features of Its AR Software. N.d. Artikkelele Tech-Onin verkkosivustolla. Viitattu 06.12.2013. [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20121031/248571/?SS=imgview\\_e&FD=47651877&ad\\_g](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20121031/248571/?SS=imgview_e&FD=47651877&ad_g)

Space Glasses. N.d. Metan space glasses verkkosivusto. Viitattu 10.10.2013.  
<https://www.spaceglasses.com/>

Starbucks: A True Leader in Mobile. 2013. Artikkelin instant.ly sivustolla. Viitattu 20.08.2013. <http://www.instant.ly/blog/2013/05/starbucks-a-true-leader-in-mobile/>

Sutherland, I. 1968. A head-mounted three dimensional display. Viitattu 15.08.2013.  
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1476686>

Ten, S. CellaGames. N.d. Tower Defense demo for Symbian smartphones. Viitattu 20.08.2013. <http://cellagames.com/artd.html>

The Touring Machine. N.d. Viitattu 20.08.2013. <http://monet.cs.columbia.edu/projects/mars/touring.html>

Tower Defense. 2013. Artikkelin Wikipedian sivustolla. Viitattu 20.08.2013.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Tower\\_defense](http://en.wikipedia.org/wiki/Tower_defense)

Unity3D. 2013. Artikkelin unity3d:n verkkosivulla. Viitattu 01.11.2013.  
[http://unity3d.com/pages/create-games?gclid=CLi\\_zrndj7sCFclQ3god2mAAWQ](http://unity3d.com/pages/create-games?gclid=CLi_zrndj7sCFclQ3god2mAAWQ)

US 3050870 A. 1962. Sensorama Simulator. M, Heiling. 10.01.1961, Julk 28.08.1962. 16 s.

Videoplace. N.d. Viitattu 15.08.2013. <http://itnimoy.net/itp/newmediahistory/video-place/>

Videoprojektori. 2013. Artikkelin wikipedian sivustolla. Viitattu 09.12.2013.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Videoprojektori>

Vuforia SDK Architecture. N.d. Ohjeistus Vuforian arkkitehtuuriin Qualcomm Technologiessin verkkosivustolla. Viitattu 01.11.2013. <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/vuforia-ar-architecture>

Why 3d markerless tracking is difficult for mobile augmented reality. 2009. Artikkelin Mirror Imagen sivustolla. Viitattu 08.12.2013. <http://mirror2image.wordpress.com/2009/03/30/why-3d-markerless-tracking-is-difficult-for-mobile-augmented-reality/>