

Pozicioniranje 4D projekcijskog mapiranja u grafičkoj tehnologiji

Rapaić, Aleksandar

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:884370>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-21**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

Aleksandar Rapać

**Pozicioniranje 4D projekcijskog mapiranja
u grafičkoj tehnologiji**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Aleksandar Rapačić

Pozicioniranje 4D projekcijskog mapiranja u grafičkoj tehnologiji

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
prof.dr.sc. Nikola Mrvac

Student:
Aleksandar Rapačić

Zagreb, 2013

Sažetak

Niz djelatnosti koje se oslanjaju na grafičku struku do nedavno je bilo isključivo orijentirano na tiskarstvo. Međutim danas se sve veći dio struke okreće prema raznim drugim medijima. Pojavom naprednije multimedije, u smislu programa i opreme, omogućilo je grafičkoj struci da proširi svoje vidokruge u puno šire područje. Komunikacija prema publici pomoću projekcijskog mapiranja, te dobrog marketinga oko samog *eventa*, stvoriti će puno veći utisak na potrošačima od konvencionalnih oglasa koji statično i dvodimenzionalno komuniciraju. Doživljaj animacije objekta koji nam se definicijom u svijesti nalazi kao nepromjenjiv i statičan, stvara u oku promatrača određenu kontradikciju koju percipiramo kao jedinstven osjećaj divljenja prema onome što nismo ni očekivali da je moguće. Dio grafičke struke u tom pogledu se odvaja i otvara nova područja. Stoga je krivo govoriti o nestanku ili smanjenju atraktivnosti grafičke struke, naprotiv, grafička struka se širi u puno veće područje djelovanja. U skladu s navedenim u težište sadržaja ovog diplomskog rada usmjereno je kako bi se razjasnilo i istražilo niz parametara koji su vezani uz 4D mapiranje, te razvoj grafičke struke u suvremenom multimedijском okruženju.

Ključne riječi: 4D projekcijsko mapiranje, komunikacija, marketing, multimedija, grafička tehnologija

Abstract

A series of activities which rely on graphic profession until recently were exclusively oriented towards printing. But now a growing part of the profession is turning to a variety of other media. The advent of more advanced multimedia, in terms of programs and equipment, enabled the graphic arts profession to expand its horizons to a much wider area. Communication with the public using projection mapping, and good marketing of the event, creates a much bigger impression on consumers than conventional static ads which address merely two dimensional communication. The experience of the objects animation, which is imprinted in our conscience as static and unchanging, creates in the eye of the viewer a certain contradiction that we perceive as a unique sense of admiration for what we did not expect possible. In that manner a vast part of graphic profession is separated and opens new areas. Therefore, it is wrong to speak about the disappearance or reduction of the attractiveness of the graphic profession. on the contrary, graphic profession is expanding to a much larger area of operation.

According to the focus of the content of this thesis, it is aimed to clarify and explore a number of parameters that are related to the 4D mapping, and the development of the graphic profession in the contemporary multimedia environment.

Key words: 4D production mapping, communication, marketing, multimedia, graphic arts technology

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Teorijski dio | 2 |
| 2.1 Povijest projekcijskog mapiranja | 2 |
| 2.2 VJing | 4 |
| 2.3 Mapiranje | 5 |
| 2.4 3D vs 4D..... | 5 |
| 2.5 Karakteristike 4D projekcijskog mapiranja..... | 6 |
| 2.5.1 Animacija | 6 |
| 2.5.2 Kut gledanja | 7 |
| 2.5.3 Paralaksa..... | 7 |
| 2.5.4 Zvuk | 8 |
| 2.5.5 Stimuliranje dodatnih osjetila (miris, podrhtavanje, vodena para, dim mašina)..... | 8 |
| 2.6 Svjetlosni uvjeti..... | 10 |
| 2.7 ANSI organizacija (American National Standards Institute)..... | 10 |
| 2.7.1 ANSI lumen..... | 11 |
| 2.7.2 ANSI Lumens vs Lumens | 11 |
| 2.8 Potreban <i>hardware</i> | 13 |
| 2.8.1 Projektor | 14 |
| 2.8.2 Računalo..... | 17 |
| 2.8.3 Media server..... | 18 |
| 2.6.4 MIDI kontoleri | 20 |
| 2.8.5 Audio oprema..... | 21 |
| 2.9 Potrebna programska podrška | 22 |
| 2.9.1 MAD mapper..... | 22 |
| 2.10 Izrada 4D projekcije | 24 |
| 2.10.1 Razrada omjera..... | 24 |
| 2.10.2 Izrada produkcijskog videa | 25 |
| 2.10.3 Postupak mapiranja | 26 |
| 2.11 Vrste projekcijskog mapiranja | 28 |
| 2.11.1 Planarno projekcijsko mapiranje | 28 |
| 2.11.2 Panoramsko projekcijsko mapiranje | 28 |
| 2.11.3 Sferno projekcijsko mapiranje | 29 |
| 2.11.4 Interaktivno projekcijsko mapiranje..... | 29 |
| 2.12 RGB prostor boja | 30 |
| 2.13 Grafika..... | 32 |
| 2.13.1 Računalna grafika..... | 33 |
| 2.14 Multimedij..... | 35 |
| 2.15 Oglašavanje u suvremenom multimedijalnom okružju..... | 36 |
| 2.15.1 Gerilla mapping | 37 |
| 3. Eksperimentalni dio..... | 38 |
| 3.1 Cilj istraživanja | 38 |
| 4. Rezultati i rasprava..... | 39 |
| 5. Zaključci..... | 46 |
| 6. Literatura | 47 |

1. Uvod

4D projekcijsko mapiranje u suvremenom multimedijском okruženju značajno može pomoći prilikom realizacije niza multimedijских projekata kako bi se omogućila učinkovitija komunikacija prema krajnjim korisnicima.

U skladu s time ista tehnologija sve više se koristi u različitim prilikama gdje je potrebno ostvariti učinkovitiju komunikaciju, te ostvariti ciljeve različitih kompanija koje nastoje na moderan i drugačiji način prezentirati svoje projekte i proizvode.

4D projekcijsko mapiranje je kompleksna metoda projekcije 3D video sadržaja na određenu podlogu, te ga se može gledati kao novi kreativni medij osmišljen u svrhu promocije na drugačiji i inovativan način. Standardne metode projekcije su u ovom slučaju isključene jer je 4D projekcijsko mapiranje napredan multimedijalan sustav koji često uključuje suradnju nekoliko timova ljudi i to iz različitih tvrtki. Pojavljivanjem projekcijskog mapiranja kao sredstva oglašavanja i plasiranja novih proizvoda na tržište veće su tvrtke krenule upravo u takvu vrstu oglašavanja, gdje su se, umjesto klasičnih „event oglašavanja“, odlučile za spoj realnog i virtualnog sadržaja i svijeta u svrhu boljeg i čvršćeg povezivanja potencijalnih klijenata i kupaca sa svojim proizvodom.

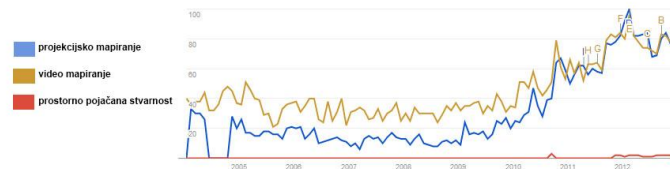
U početnima fazama samo su si veće tvrtke mogle priuštiti ovakvu vrstu oglašavanja zbog velike cijene *eventa*, od iznajmljivanja projektoru do produkcije i cijelog tehničkog tima koji na samom *eventu* osigurava kvalitetnu isporuku finalnog proizvoda. Eksponencijalnim rastom i razvojem tehnologije oprema za projekcijsko mapiranje postaje dostupna većem broju potrošača i entuzijasta, i naravno po sve pristupačnijim cijenama što konkurenciju čini većom i nemilosrdnijom. Potreban je veliki angažman kako bi se tvrtke i njihovi proizvodi izdvojili u moru *eventata* gdje se koristi projekcijsko mapiranje. Spoj tehnologija koji čini 4D projekcijsko mapiranje uključuje niz područja tehničkih struka i znanosti, te marketinške struke. Jedan vrlo važan i vrlo velik dio čini i grafička tehnologija koja je svojim razvojem prošla mnoge promjene. Kroz njenu se definiciju prenošenja grafike na određenu podlogu ili medij provuklo mnogo raznih tehnika koje su je nadopunile ili čak izmijenile.

U skladu s navedenim cilj ovog diplomskog rada je istražiti i razjasniti niz parametara koji su vezani uz 4D projekcijsko mapiranje, te razvoj grafičke struke u suvremenom multimedijском okruženju.

2. Teorijski dio

2.1 Povijest projekcijskog mapiranja

Širenje *evenata* koji uključuju bilo kakvo projekcijsko mapiranje nedavno je eksplodiralo u umjetničkom svijetu i svijetu oglašavanja. Povećano korištenje ove tehnologije prati se s početkom 21. stoljeća, konkretnije od 2005. godine kada je počela nagla ekspanzija i potražnja za drugačijim i više prepoznatljivim načinom izdizanja iz konvencionalnih metoda oglašavanja (slika 1). Pokuša li se istražiti konkretno o projekcijskom mapiranju nailazi se na tek 3-4 godina stare podatke. Razlog tome je što se projekcijsko mapiranje nazivalo „Prostorno pojačana stvarnost“ (*Spatial augmented reality*) što je pravi naziv za ovu vrstu projekcije, no još jedan naziv koji se često može pronaći, i koji je užeg značenja, je video mapiranje.



Slika 1. Prikaz porasta korištenja projekcijskog mapiranja

Izvor: <http://www.projection-mapping.org/index.php/intro/160-the-history-of-projection-mapping>

Iako naglo širenje datira iz vrlo bliske prošlosti, pojavljivanje projekcije na neravnu podlogu je prvi puta zabilježeno 1969. godine otvorenjem „Uklete vile“, jezivom vožnjom u Disneylandu. Ta je atrakcija sadržavala niz zanimljivih optičkih iluzija od kojih je za ovaj slučaj najzanimljivija „Grim Grinnig Ghosts“ (slika 2) [1].

To je instalacija od 5 skulptura koje su pjevale tematsku pjesmu Uklete vile. Iluzija je postignuta tako što su pjevači snimljeni 16 mm filmom kako pjevaju, te su projekcije tih snimaka projicirane na naknadno izrađene skulpture njihovih glava, iluzija je time veća što je video popraćen zvukom uz ambijentalne zvukove same vožnje.



Slika 2. Grim grinning ghosts

Izvor: <http://www.projection-mapping.org/index.php/intro/160-the-history-of-projection-mapping>

Uz razne pokušaje projekcijskog mapiranja najuspješniji je projekt iz 1980. godine pod nazivom „Displacements“. Ovo je umjetnička instalacija napravljena u osobnom stanu te nije namijenjena za promotivne svrhe. 2 glumaca stajali su na raznim pozicijama u sobi gdje su postavili kameru na rotirajuće postolje. Nakon obrade videa su na isto postolje postavili projektor, te je u istoj kretnji postolja dobivena iluzija duhova u sobi. Rotirajuće projekcijsko mapiranje je izdvojilo ovaj projekt kao jedan od kreativnijih i inovativnijih za to vrijeme [2].

Sljedeća faza razvoja projekcijskog mapiranja uzima maha kada Sveučilište Sjeverne Karoline pokreće projekt „Ured budućnosti“ (*Office of the future*) (slika 3) koji je idejno opisan još 1940. godine, alternativno nazvan „Ured bez papira“ (*Paperless office*). Tu se prvi puta spominje pojam prostorna pojačana stvarnost (*spatial augmented reality*). Ukratko, to je sustav projekcijskog mapiranja popraćen raznim senzorima čime se ljudski pokreti, geste i govorne naredbe pretvaraju u radnje sustava unutar kojeg se djeluje [3].



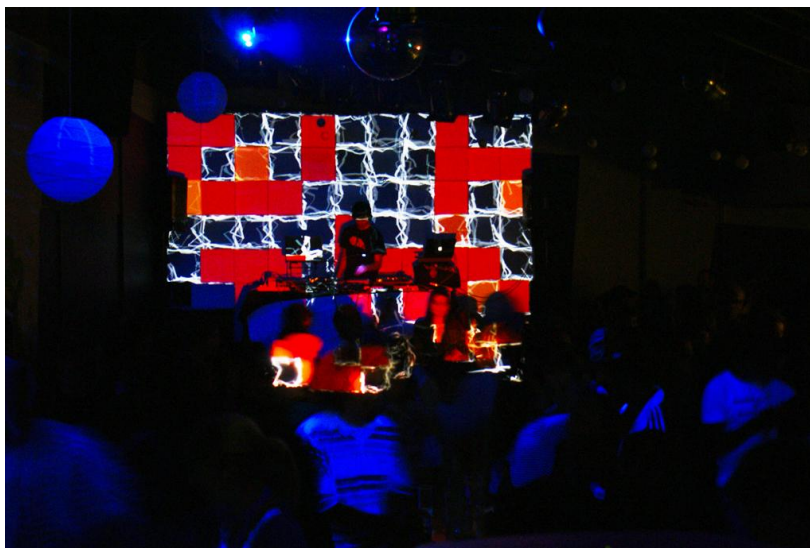
Slika 3. Ilustracija "Office of the future"

Izvor: <http://www.cs.unc.edu/Research/oof/index.html>

2.2 VJing

VJing je već ukorijenjen pojam za video performans u realnom vremenu. Definicija *VJinga* postavlja se kao manipulacija slikama, ili fraktalima slika u realnom vremenu kroz programske filtere u sinkronizaciji s glazbom. *VJing* je dio *light showa* na većini koncerata, u noćnim klubovima (slika 4) i na glazbenim festivalima, no nalazi svoje mjesto i u raznim umjetničkim performansima. Rezultat je multimedijalni sustav koji nam nudi apsolutni *audio-vizualni* doživljaj. Pojam *VJing* je postao popularan kroz MTV-ev Video Jockey TV emisiju, ali datira još iz 70-ih godina prošlog stoljeća gdje je uvelike bio popularan u klupskoj sceni New Yorka. Svima poznat naziv DJ (*disk jockey*), kao izvođač koji je ukomponiravao različite zvučne zapise u kombinaciji s poznatim pjesmama toga doba čineći tako nastup u realnom vremenu. Slična profesija sada poprima naziv VJ (*video jockey*) gdje se umjesto raznih zvučnih zapisa koriste slike i video zapisi [4].

Jedan od ključnih karakteristika *VJinga* je manipulacija baze slika i video zapisa na tvrdom mediju (VHS ili DVD), ili pak zapisa spremljenih na tvrdom disku računala, te njihova interpretacija u realnom vremenu. Ovaj se naziv sve više povezuje s bilo kakvim nastupom gdje se uz pomoć programa koji imaju predefinirane animacije pokretne grafike jednostavno i bez puno truda mogu napraviti vrlo kvalitetne stvari, no uz rastuću potrebu brzine, efikasnosti i inovativnosti, nastup u smislu prijašnjih VJ izvođača je manje više nepotrebna. MIDI kontroleri, koji će biti kasnije spomenuti, uvelike pomažu u manipulaciji videa tokom same projekcije. Osoba koja mapira ima kontrolu nad svim parametrima koje je prethodno sama postavila i definirala, te tako s lakoćom, ukoliko se ukaže potreba, upravlja video projekcijom.



Slika 4. VJing projekcija

Uslikao: Aleksandar Rapačić

2.3 Mapiranje

Pojam mapiranje veže se uz apliciranje tekstura na objekte drugih struktura. To je stvaranje grafičkih struktura i slika pomoću prostornih odnosa koji se nalaze u mediju čiju teksturu želimo izmijeniti. Najrašireniji način mapiranja informacija u grafičkom obliku je kartografija. U ovom slučaju mapiranje se odvija iz realnog svijeta sa zakrivljenim plohama prema dvodimenzionalnoj podlozi.

Mapiranje znači i pojam stvaranja mentalnih mapa kao organiziranja informacija u grafičke strukture koje su jednostavnije i preglednije za učenje [5].

Projekcijsko mapiranje u ovom slučaju znači apliciranje 2D projekcije na 3D objekt. Ukoliko se takva projekcija odvija u vremenu, misleći pritom na projekciju video materijala, dobivamo 4D projekcijsko mapiranje.

2.4 3D vs 4D

Gledajući iz nekoliko područja pojam dimenzija mijenja svoje značenje i ne predstavlja istu stvar. Kontrirajući stavovi filozofa dovode u pitanje dimenzionalnost svemira i prostora, gdje jedni smatraju da je svijet trodimenzionalan (visina, dužina, širina) uz postojanje vremena koje ne nazivaju dimenzijom. Druga struja zalaže se za prostorni temporalizam koji objašnjava percepciju stvarnosti kroz 4 dimenzije (visina, dužina, širina i vrijeme) [6].

Ovo su rasprave koje dovode u pitanje svemir u kojem živimo, te tek djelomično imaju veze s pojmom dimenzija vezanih uz digitalno, tj bolje rečeno umjetno, proizvedene dodatne dimenzije. Generalno govoreći pojam 2D je jednostavan jer znači ravnu plohu koja je definirana s dvije dimenzije (x,y). Uzme li se kao primjer, tu pojavu može pojasniti ekranski prikaz sadržaja, ili jednostavnije rečeno televizor kao medij. Ravan ekran prikazuje 2 dimenzije i takav prikaz smatra se 2D, no uključi li se temporalna dimenzija, gdje se sličice mijenjaju kroz vrijeme, dobiva se 3D medij –prostorna dimenzija, vrijeme. U natrag nekoliko godina Samsung je izbacio na tržište 3D televizor koji se može na gore navedeni način protumačiti kao 4D medij [7].

No ovdje je iluzija potpomognuta posebnim naočalama kao posrednim medijem pri stvaranju 3D doživljaja što je opet potpuno drugačije od 4D koncepta jer je jedna dodatna dimenzija stvorena iluzijom posredstvom drugog medija. Isključi li se posredstvo drugog medija kao nužnog za stvaranje slike između promatrača i gledanog objekta 3D televizija ostaje samo 3D. 3D projekcija i 3D crteži odnose se na predimenzioniranje objekta vizualno dodajući dodatnu

dimenziju za stvaranje iluzije. To su tzv. anamorfne iluzije (slika 5). Anamorfoza je nastala od grčkih riječi – *ana* što znači natrag ili opet i riječi *morphe* što znači oblik, forma [8].

To su statične slike koje iz određenog kuta gledanja izgledaju kao realni objekti, no mijenjanjem položaja s kojeg se gleda one mijenjaju svoj oblik i postaju nešto neprepoznatljivo. U obrnutom smislu iz nečeg neprepoznatljivog stvaraju ponovo prepoznatljiv oblik i stvaraju iluziju – „opetovana forma“.



Slika 5. Primjer anamorfne iluzije

Izvor: <http://www.youtube.com/watch?v=tBNHPk-Lnkk>

2.5 Karakteristike 4D projekcijskog mapiranja

Ovdje dolazi na red 4D projekcijsko mapiranje koje ispunjava sve parametre za postizanje iluzije stvarnog događaja ispred očiju promatrača, gdje oni bivaju uvučeni u kompletnu, kompleksnu i kreativnu priču. Četiri dimenzije opisuju stvaran svijet. Može li se što bliže digitalno ukomponirati osjećaj stvarnog svijeta sve će se bliže biti stvaranju 4D medija. Način na koji se stvara virtualnu stvarnost bez posredstva posebnih naočala jest pomoću nekoliko parametara:

- animacija
- kut gledanja
- paralaksa
- zvuk
- stimuliranje dodatnih osjetila (miris, podrhtavanje, vodena para, dim mašina)

2.5.1 Animacija

Sam pojam animacije podrazumijeva mijenjanje povezanih sličica kroz vrijeme u smislu postizanja iluzije kretanja i dinamike u ovom smislu projiciranih objekata. Iluzija je time veća što je veći broj sličica koje se prikazuju jer veći broj sličica garantira fluidniju animaciju.

Što se tiče projekcijskog mapiranja ta se animacija mapira na neravan fizički objekt, ispred kojeg promatrač u tom trenutku stoji. Posebnim metodama se ta animacija prilagođava arhitekturi tog objekta, svim oštrim rubovima i zakrivljenim plohama, te raznoraznim kompleksnijim dijelovima tog objekta. Time se dobiva iluziju živog objekta bez posredstva posebnih naočala.

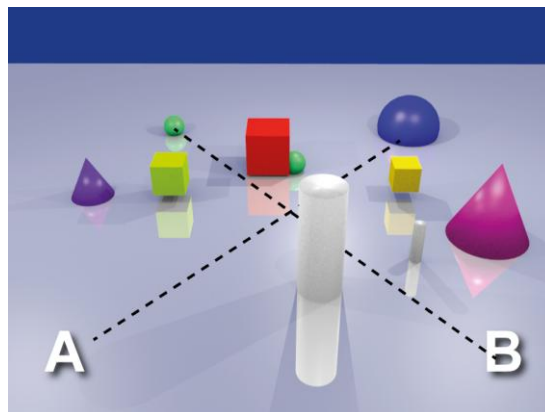
2.5.2 Kut gledanja

Bilo koji način mapiranja teksture na realan objekt ima ograničen kut gledanja. Razlog tome je činjenica da se stvara iluzija alterniranja stvarnosti, a ne stvarane promjene na samoj fizičkoj arhitekturi objekta. Kut gledanja ovisi o efektu koji se želi postići. U dijelu ovog rada koji opisuje postavke kamere unutar programa za 3D produkciju biti će objašnjeno kako postaviti kameru na pravi način kako bi kut gledanja promatrača bio zadovoljavajuć za savršenu iluziju.

2.5.3 Paralaksa

Paralaksa (odstupanje) je prividan pomak položaja tijela opažan iz dvaju različitih stajališta (slika 6). Bliži objekti imaju veću paralaksu od udaljenijih objekata. Upravo se prema paralaksi određuje udaljenost objekata pa tako astronomi mogu odrediti udaljenost objekata u svemiru koje ne mogu izmjeriti konvencionalnim metodama [9].

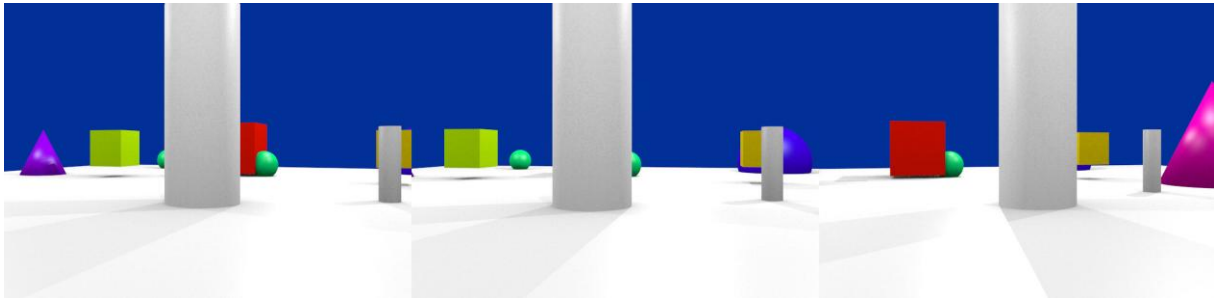
Ljudi i većina životinja imaju jedan par očiju kojima se vidni kutovi preklapaju stvarajući time percepciju dubine. Svakodnevni primjer paralakse je iluzija da objekt mijenja poziciju ako ga prvo gledamo lijevim pa onda desnim okom. Objekt je naime uvijek na istom mjestu no zbog različite pozicije oka kojim se gleda, čak i taj mali razmak između očiju, daje novu sliku i percepciju promatrane scene.



Slika 6. Ilustracija paralakse

Izradio: Aleksandar Rapačić

Još je jedan vrlo jednostavan primjer paralakse kretanja da se objekti koji su nam bliže čine „sporijima“ od onih u daljini koji se čine „bržima“ (slika 7).



Slika 7. Primjer paralakse kretanja

Izradio: Aleksandar Rapačić

2.5.4 Zvuk

Neizbježan segment svake video projekcije je naravno zvuk. Bez njega je teško percipirati video jer video bez zvuka u ovom slučaju nema posebnog efekta. Čak i u slučaju da su efekti vrhunski napravljeni, bez snage zvučnog zapisa mogu se činiti jednostavni i prosječni.

Možda se u nekom slučaju može pouzdati u McGurkov efekt, ali animacija tada mora biti prilagođena cilju koji želimo postići. McGurkov efekt se temelji na vizualnoj percepciji događaja koji mozak interpretira kao zvuk. Naravno takav zvuk je tih i povezan je sa već naučenim spoznajama. Ukratko, ako promatrač čuje jednu stvar, a gleda drugu, njegov vid prevladava u percepciji tog zvuka [10].

No kako je napomenuto u projekcijskom mapiranju se ne može pouzdati u taj efekt. Potrebni su snažni zvukovi, koji će promatrača „nositi“ kroz cijelu priču.

2.5.5 Stimuliranje dodatnih osjetila (miris, podrhtavanje, vodena para, dim mašina)

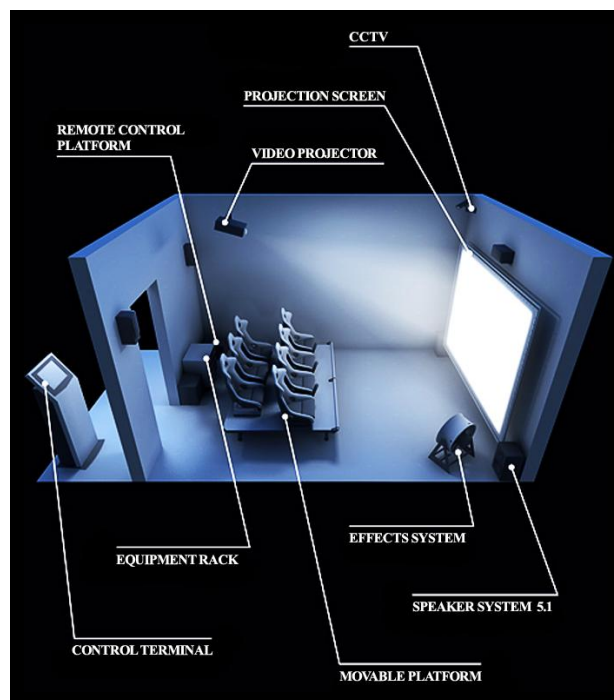
Može se sa sigurnošću reći da ukoliko se uklopi ove efekte projekciju postiže se neopisiv osjećaj realnosti u kompletnoj iluziji. Miris može biti rasprostranjen pomoću skrivenih raspršivača mirisa. Konkretno je za takve potrebe izumljen uređaj Smell-O-Vision, koji u određeno vrijeme ispušta miris vezan za trenutnu projekciju [11].

Postoje i tzv. "Mirisne kartice" na kojima je otisnuto nekoliko geometrijskih oblika različitih boja. U određenom trenutku se na projekciji pojavi znak s brojem ili određenom bojom. Tada promatrači zagrebu ili protrljaju dio kartice na kojoj je oblik i boja koja se prikazuje te tako oslobode miris. Podrhtavanje se može izvesti pomoću pokretne ploče na kojoj promatrači

stoje no to je često skup projekt. Obvezan dio opreme su dodatnih nisko frekventnih zvučnici (sub-woofer). Pojačavanjem zvuka u određenim trenucima se pomoću njih može uzrokovati podrhtavanje, bolje rečeno osjećaj podrhtavanja. Zbog snažnih nisko frekventnih zvukova promatrači dobivaju osjećaj da se sve oko njih trese i podrhtava, što može biti jako zahvalan efekt.

Vodena para simulira kišu ako preferencije projekcije tako zahtijevaju. Kako se posjetitelji ne bi potpuno smočili u pokušaju simulacije kiše oslobodi se vodena para. Dim mašina kao i nekoliko ventilatora mogu također biti zahvalan dio instalacije koji projekciju mogu podići na sljedeću razinu.

Ovakav spoj različitih uređaja upotrijebio je Disney u kreiranju svog prvog 5D kina (slika 8), kako su ga nazvali. Kino se na prvi pogled čini sasvim prosječno no ono sadržava sve od gore navedenih instalacija za podizanje doživljaja. Disney je u 5D naziv uključio 2D projekciju s naočalama za 3D efekt, animacija je u vremenu što projekciji daje 4. dimenziju i u dodatnu 5. dimenziju uvrštavaju sve ostale popratne uređaje.



Slika 8. 5D kino

Izradio: Vladimir Solomonovich

Daljnem razvojem 5D kina dolazi se i do raznih naziva osmišljenih konkretno za marketinške svrhe. Tako se može naći naziv 6D kino ili čak 7D kino kako bi se naglasila multidimenzionalnost i mogućnost stimuliranja pojedinih osjetila.

2.6 Svjetlosni uvjeti

Upravo su svjetlosni efekti najvažniji dio bilo koje uspješne projekcije. Površine na koje se projicira reflektiraju svo svjetlo koje do njih dođe, za razliku od ekrana koji svjetlost emitiraju pa je sadržaj vidljiv i na dnevnom svjetlu. Za uspješno projekcijsko mapiranje potrebna je svjetlosna snaga projektora nekoliko puta jača od ambijentalne rasvjete prostora gdje se *event* odvija. Najbolji efekt dobiva se naravno u što mračnijoj atmosferi. Svjetlo Mjeseca i ostatka grada emitiraju dovoljno svjetla za suptilno osvjetljenje zgrade koje je potrebno kako bi zapravo vidjeli efekt mapiranja. Ukoliko se svjetlosni uvjeti ne zadovolje cijeli će *event* proći prosječno i efekt koji želimo postići biti će minimaliziran. U ovom slučaju potrebno je definirati koliko je snažan projektor potreban, a njegova se izlazna svjetlosna snaga mjeri češće u ANSI lumenima, nego u lumenima.

2.7 ANSI organizacija (American National Standards Institute)

ANSI je privatna neprofitabilna organizacija koja nadgleda tijek razvoja dobrovoljnih konsenzusa standarda proizvoda, usluga, proces, sistema i tehničkog osoblja u Sjedinjenim Američkim Državama. Ova organizacija također koordinira SAD standarde s internacionalnim standardima u svrhu korištenja američkih proizvoda diljem svijeta. To se očituje najviše u tehničkoj opremi gdje su napajanja uređaja za proizvode proizvedene u SAD-u dostupna svugdje u svijetu.

ANSI akreditira standarde koji su razvijeni od strane predstavnika drugih organizacija koje se bave standardima, vladinih agencija, udruga potrošača, raznih poduzeća itd. Ti standardi osiguravaju skladnost karakteristika i djelovanja proizvoda, korištenje istih definicije i uvjeta, te da su proizvodi testirani na isti način. ANSI također akreditira organizacije koje obavljaju certificiranje proizvoda ili osoblja u skladu sa zahtjevima utvrđenim međunarodnim standardima.

Sjedištu organizacije u Washingtonu, DC., a ured za poslovanje se nalazi u New Yorku. ANSI se godišnji operativni proračun financira od prodaje publikacija, članarina i naknada, akreditacije usluga, naknada na temelju programa, i međunarodnih programa standarda [12].

2.7.1 ANSI lumen

Izlazna svjetlosna snaga projektor je najčešće mjerena u lumenima. Standardizirani postupkom za testiranje projektor utvrđen je ANSI organizacijom. Taj se postupak izvodi mjerenjem srednje vrijednosti nekoliko mjerenja s različitih pozicija.

Za marketinške svrhe, svjetlosna snaga i svjetlosni tok projektor testirani prema testu čiji krajnji rezultat daje izlaznu snagu projektor u "ANSI lumenima", kako bi se na taj način izdvojili od drugih način testiranja. Mjerenje ANSI lumena je u većini slučajeva puno točnije od ostalih mjerenja koja se koriste u toj industriji. Ovakav način interpretacije snage projektor osigurava jednostavnost usporedbe više različitih projektor gledajući njihove svjetlosne karakteristike. Metoda mjerenja ANSI lumena definirana je IT7.215 dokumentom koji je stvoren 1992. Tok testa: Prvo se postavi projektor na način da emitira sliku u sobi temperiranoj na 25°. Svjetlina i kontrast projektor su namješteni na način da se na 95% bijelom polju može razlikovati 95% vršnog bijelog svjetla od druga dva polja od kojeg je jedan 100% vršni bijeli, a drugo 90% vršni bijeli. To znači da se na 95% svjetline mogu vidjeti dva različito osvijetljena kvadrata (jedan svjetliji, a drugi tamniji). Tada se svjetlosna snaga mjeri na 100% bijelom polju na 9 različitih lokacija i tako se izmjerenim mjerenjima matematičkom operacijom nalazi srednju vrijednost koja nam(briši) daje jačinu projektor u ANSI lumenima [13].

2.7.2 ANSI lumens vs lumens

Ukoliko se često koriste projektor za vlastitu uporabu ili pak u uredima za prezentacije vrlo je vjerojatno da se znajući jačinu u ANSI lumenima previdi oznaku u lumenima. Većina današnjih projektor dolaze s oznakom ANSI lumen, postoji razlika između ta dva navedena pojma. Kada se govori o lumenima, zapravo se mislim na mjerenje koje je specifično napravljeno kako bi odredilo protok svjetlosti određenog uređaja. Ukratko, to je sva svjetlost koju može emitirati projektor. Lumen kvantificira količinu svjetlosti koju može emitirati uređaj, u ovom slučaju projektor. Matematički govoreći jedan je lumen jedna kandela pomnožena jednim steradianom ($1\text{lm} = 1\text{cd}\cdot\text{sr}$). Ovo je objašnjenje fokusirano na kandelu. No želi li se Lumen objasniti preko luxa tada je $1\text{lm} = \text{lx}\cdot\text{m}^2$ što je zapravo izjednačavanje jednog lumena s proizvodom luxa i specifičnog mjerenog područja. ANSI lumen kao rezultat mjerenja je definitivno točniji način mjerenja nego jednostavno mjerenje lumena. Upravo je zato ANSI lumen referentna vrijednost na koju se kupci projektor referiraju. No najviša

ANSI lumen vrijednost ne mora značiti kvalitetan projektor. Naime tim se vrijednostima daje uvid u izlaznu jačinu projektor, no postoji još nekoliko parametara na koje se mora obratiti pažnja pri kupnji projektor. Trajanje definirane jačine ovisi o odašiljaču svjetlosti, (može biti DLP lampa ili LCD zaslon), zamoru oka, reagiranju na količinu prisutne ambijentalne svjetlosti i inih faktora koji mogu promijeniti svjetlinu i jasnoću projicirane slike [14].

2.8 Potreban *hardware*

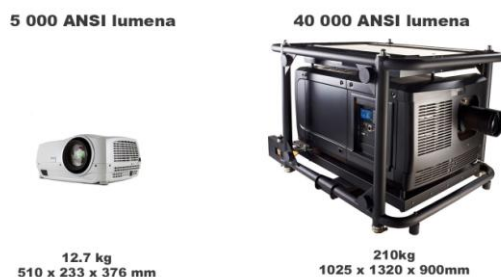
Za projekciju na kakvu se nailazi svaki dan na različitim prezentacijama i predavanjima potreban je prosječno, čak i ispod prosječno računalo, te projektor od svega 2000 ANSI lumena. Za osobne potrebe i potrebe navedenih preferencija dovoljno je osigurati takvu opremu i sa sigurnošću se mogu dobiti zadovoljavajući rezultati. No kada se govori o projekcijskom mapiranju koje promovira određenu tvrtku, njihov proizvod ili uslugu, potrebno je imati nekoliko stvari na umu. Kako je ranije navedeno projektor mora biti snažnijeg svjetlosnog izlaza, od minimalno 6000 ANSI lumena (ako je projekcija unutar nekog prostora što uključuje izolaciju od svjetlosnih uvjeta izvana), te minimalno 15000 ANSI lumena ako je projekcija na vanjskom objektu. Računalo koje se koristi mora biti u mogućnosti pokrenuti zahtjevan program za mapiranje te osigurati konstantu glatkoću izlaznog video signala koji dolazi do projektoru. Ukoliko se *event* radi na lokaciji gdje je zadatak izmapirati nekoliko zgrada istovremeno tada je potrebno posjedovati *media server* koji će omogućiti konstantan rad bez mogućnosti nastanka ikakvih zastoja. Ukoliko ne postoji mogućnost osiguravanja nekog od *media servera* koji se trenutno nalaze na tržištu potrebno je osmisлити vlastiti, a on uključuje računalo s potrebnim brojem video izlaza, set video razdjelnika i pretvornika, kombinaciju programa za VJing i programa za mapiranje. Dodatna je opcija korištenje MIDI kontrolera kao perifernog sredstva za upravljanje sadržajem bez potrebe korištenja miša i tipkovnice što uvelike olakšava posao i omogućuje veću kontrolu nad projekcijskim sadržajem. I naravno zvučnici, koji moraju osigurati snažan doživljaj zamišljene priče. Ukoliko li se stave svi parametri i potrebe na jedno mjesto, postava za projekcijsko mapiranje uključivat će sljedeće:

- Projektor
- Računalo
- Media server (ili alternativa za media server)
- MIDI kontroleri
- Zvučnici

2.8.1 Projektor

Projektor je uređaj koji prima digitalni ili analogni video signal i projicira danu mu sliku na određenu površinu koristeći leću ili sustav leća. Većina suvremenih projektoru u sebi imaju opcije za jednostavnu korekciju geometrije (*keystone*), naprednu korekciju oštine slike, zasićenosti i tonova, te najzahvalniju opciju koju projektor može imati, a to je *lens-shift*. *Lens-shift* je sustav pomicanja leća pomoću motora koristeći daljinski upravljač ili direktno pomoću tipki na samom projektoru. Nakon podešavanja pozicije projektoru postoji mogućnost da se postolje na kojem se on nalazi bude nakrivljeno iz određenih razloga ili pak da sama pozicija ne dozvoljava pokrivanje cijele površine. Tada se uz pomoć *lens-shifta* može pomicati sliku bez distorzije i bez pomicanja samog projektoru koji za ovakve potrebe mogu težiti i preko 200 kg (slika 9) . Projektorima se u ovom slučaju ne projicira na obično bijelo projekcijsko platno već na raznorazne zakrivljene površine, no moguće je raditi i tzv. "*back projection*". Takva se vrsta projekcije radi na projekcijskoj ceradi ili na projekcijskom staklu postavljanjem projektoru sa stražnje strane s horizontalno preokrenutom slikom. Najvećim dijelom se od 2012. godine na tržištu još uvijek nalaze projektoru SVGA, XGA, 720p i 1080p rezolucije. Projektoru SVGA (800x600 px) i XGA (1024x768 px) rezolucije su projektoru pred povlačenjem iz prodaje jer standardi nalažu potrebu za HD ready ili HD rezolucijom, a to su 720p (1280x720 px) ili 1080p (1920x1080 px) rezolucije. Ovakvu orijentaciju ka tim rezolucijama pokazuje pojavljivanje malih projektoru koji stanu u džep. Jedni od njih su Qumi projektoru u čijem se malom kućištu nalazi snaga do 500 ANSI lumena nativne 720p rezolucije no maksimalne UXGA (1600x1200 px) rezolucije [15].

Ovakav se projektor zasigurno neće koristiti u svrhu projekcijskog mapiranja, no bilo ga je potrebe spomenuti u svrhu predočavanja mijenjanja zahtjeva na tržištu projektoru. Odnos projektoru što se tiče ANSI lumena direktno i eksponencionalno utječe na cijenu i veličinu. U jednadžbu se mora uzeti i tehnologija kojom se slika u njemu generira, naravno što je novija tehnologija to je i projektor skuplji.



Slika 9. Usporedba veličine projektoru

izvor: <http://www.barco.com>

2.8.1.1 Vrste projektora

Projektori generiraju sliku na razne način, tj bolje rečeno preko raznih sustava:

CRT projektor - Najstariji su projektori sa CRT sustavom za prikaz slike. Funkcionira na način da ekran velike izlazne moći u kome se nalazi velik broj crvenih, plavih i zelenih katodnih cjevčica emitira svjetlo i kombinacijom emisije iz cjevčica stvara sliku. Ovakvi su projektori bili veliki i teški, no usprkos tome bili su zahvalni jer su davali najveću moguću sliku za cijenu koju su imali.

DLP projektor - Nakon CRT sustava dolaze projektori DLP tehnologijom koji koristi jedan, dva ili tri mikroproduciranih svjetlosnih ventila nazvanih uređaji s digitalni mikrozrcalom (*digital micromirror devices* - DMD). Verzije projektora s jedan ili dva DMD uređaja koriste rotirajući krug s mnoštvom boja gdje zrcalo reflektira i tako stvara boju. Najveći problem s tim projektorim je što postoji cijeli vidljiv spektar kojeg neki ljudi primjećuju kod pomicanja očiju. Noviji projektori s više *color* krugova su smanjili taj efekt. Sistemi s 3 DMD uređaja nikada nisu imali taj problem jer prikazuju nijanse sve 3 glavne boje (crvena, plava, zelena) istovremeno.

LCD projektor - Ovo je najčešće korišten sustav za reprodukciju slike, no najviše kada se govori o kućnim kinima jer su projektori s LCD sustavom najkvalitetniji za danu cijenu što ih čini najprikladnijima za kupnju. Najčešći problem koji ovi su ovi projektori imali je efekt pikselizacije gdje slika postaje kvadratična, no na novijim projektorima taj je problem otklonjen.

LED projektor - ovi projektori koriste nekoliko različitih metoda pri kreiranju slike, no velika je razlika jer ne postoji potreba za mijenjanjem lampi koje nekad mogu koštati kao pola projektora.

Projektor s laserskim diodama - ovo je novija tehnologija koja još nije našla put na globalno tržište, te o njoj još uvijek ne postoji dovoljna količina informacija

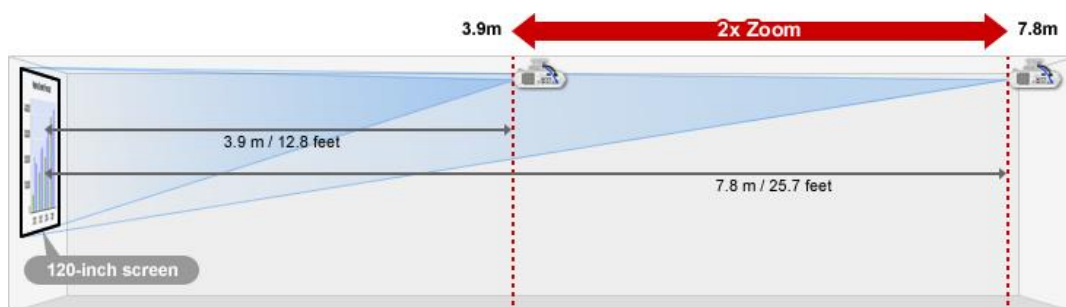
Hibridni projektori - Jedan od hibridnih projektora osmislio je Casio. Projektor za stvaranje slike koristi LED i laserske diode (445 nm) kao izvor svjetla dok je slika procesuirana DMD sustavom [16].

2.8.1.2 Sustav leća kod projektora

Kakva će biti kvaliteta projicirane slike ovisi uvelike i o sistemu leća koji projektor posjeduje. Tako razlikujemo projektore s takozvanim *Long* i *Short throw* (throw (eng.) - bacanje) sustavom.

Short throw sustav se najčešće nalazi na komercijalnim projektorima i osigurava veće slike na manjim udaljenostima. Tako će se, npr., s projektorom koji na sebi ima leću *throw* sistema 1.5:0, što znači da se na 1.5 metara dobiva slika dijagonale od 1 metra (100 cm), a na 2 metra dobiva slika dijagonale 1.5 m. Često se na široke zgrade ispred kojih nema mnogo prostora mora mapirati s nekoliko projektora ukoliko oni nemaju *Short throw* sistem leće (slika 10). Tako se često za projekcije gdje tehnički nije moguće udaljiti projektor mora koristiti leća sa što manjim short throw sustavom. U tom slučaju najbolja nam je 1.0:1 leća koja nam na 1 m udaljenosti daje sliku dijagonale 1 m. Ukoliko želimo napraviti projekciju na objektu 10 x 10 m, a pritom imamo samo 13 metara za postaviti projektor morati koristiti 1.0:1 *throw* leću. Za postizanje još manjeg *throw* omjera koriste se zrcala koja dodatno povećavaju sliku [17].

Ako zbog tehničkih razloga nije moguće projektor postaviti bliže (široke zgrade, koncertne bine) potreban nam je sustav *long throw* sustav leća. Ovakav sustav osigurava da s velike udaljenosti projicira sliku izvrsne kvalitete uz izuzetno mali gubitak izlazne svjetlosti. Takav sustav leća osigurava koherentnu svjetlost od izlaza iz leće pa sve do projekcijske površine.



Slika 10. Prikaz komercijalnih projektor sa *short* i *long throw* sustavom leća

Izvor: http://panasonic.net/avc/projector/education/solutions/img/dealers/faq/solve01_img01.jpg

2.8.2 Računalo

Kakvo je računalo potrebno ovisi o vrsti posla koji se odrađuje. Sve više je zahtjeva prema 720p rezoluciji kao minimalnoj kvaliteti slike koju se želi vidjeti na mapiranom objektu. Najbitnija stavka koja je potrebna je kvalitetna grafička kartica s minimalno 512 MB memorije mogućnosti reprodukcije HD videa. Minimalna kvaliteta grafičke kartice često nije garancija da će projekcija proći bez neželjenih trzaja ili nekih drugih problema. Kako bi se osigurala glatka projekcija najbolje rješenje za zahtjevne projekcije jest računalo s dvije grafičke kartice. Jedna od tih grafičkih kartica koristi se za prikazivanje sadržaja na monitoru, a druga služi isključivo za izlazni signal. Tako se rasterećuje grafičku karticu za projekciju od svih procesa koji se odvijaju u računalu. Sljedeća stavka je brzina procesora jer se želi imati najbolja procesorska moć kako bi se osiguralo da se konverzija formata videa odvija dovoljno brzo bez neželjenih trzaja. Uz ove je dvije stavke vezana i količina RAM memorije u računalu i ona bi trebala biti minimalno 4 GB, no preporuča se minimalno 8 za zahtjevnije projekcije. Za što brži pronalazak podataka na tvrdom disku najpoželjniji je SSD disk (*solid state disc*) koji koristi *flash* memoriju i nekoliko puta je brži od najboljih HDD (*hard disc drive*) diskova. Što se tiče grafičke kartice, poželjno je da ima nekoliko izlaza. Često se tako nalaze kartice s dva DVI digitalna i dva HDMI izlaza. Starije grafičke kartice koriste analogni VGA izlaz, no problem je kod definicije slike gdje je s DVI i HDMI izlazom taj problem otklonjen. Glavna je razlika između DVI i VGA izlaza ta što VGA može prenositi samo analogni signal dok DVI izlaz može prenositi digitalni u kombinaciji s analognim signalom. DVI je noviji tip izlaza i nudi bolju i oštrijiju sliku. Karakterističnog su izgleda i vrlo ih je lako razlikovati (Tablica 1).

Tablica 1 – usporedba DVI i VGA video priključka (preuzeto iz [18])

| Označava | Digital Visual Interface | Video Graphics Array |
|----------------|---|---|
| Izlazni signal | Postoje tri tipa DVI priključaka:- DVI-A: Analogni DVI-D: Digitalni DVI-I: Digitalni i Analogni kombinirano | Analogni |
| Izlazna slika | Čišća, brža i preciznija slika (ako koristimo adekvatni <i>hardware</i>) | VGA podržava maksimalnu rezoluciju od 2053x10536 px no zbog slabijeg signala i raznih šumova, slika ove rezolucije neće davati zadovoljavajuće rezultate. |

HDMI (*high definition multimedia interface*) je kompaktno *audio*-video sučelje za prijenos nekompresiranog videa i *audio* (koji može biti kompresiran) prema, u ovom slučaju projektoru. HDMI je osmišljen kao zamjena za standardne analogne video izlaze.

Novitet koji je osvanuo na tržištu je *Thunderbolt display port*, a osmislio ga je Intel i predstavio ga 2010. godine na Appleovom Macbook pro prijenosnom računalu. Današnji Thunderbolt 2 ima brzinu od 20 GB/s što je nemjerljivo brže od bilo kojeg ulazno-izlaznog sistema koji se nalazi na tržištu. Ukoliko postoji mogućnost spajanja projektor na *Thunderbolt display port* projekcija će zasigurno izgledati točno onako kako je produkcijski napravljena.



Slika 11. HDMI kabel

Izvor: http://cloud.addictivetips.com/wp-content/uploads/2008/08/_images_products_c_cbl-hdmi-mm.jpg



Slika 12. Thunderbolt kabel

Izvor: <http://www.dailytech.com/Acer+Ditches+Thunderbolt+for+USB+30/article31973.html>

2.8.3 Media server

Media server je potreban ukoliko se radi s nekoliko povezanih projektor koji moraju davati jednu, ili više povezanih slika. To su predefimirani sustavi napravljeni za najzahtjevnije projekcije i najzahtjevnije korisnike. Jedan se *media server* sastoji od kutije u kojoj se nalaze računalne komponente u koju su integrirani programi za različite vrste projekcijskog mapiranja [19].

Neki od najpoznatijih i najkonkurentnijih su Coolox Pandora's box, Watchout Dataton, Green Hippo i Vista Spyder. Svaki od tih *media servera* nastoji biti konkurentan na svoj način nudeći jednostavnija rješenja za kompleksne zadatke. Dolaze u osnovnom, srednjem i profesionalnom paketu. Ti su paketi eksponencijalno rađeni jedan naspram drugom i specifično namijenjeni za određene *evente*.

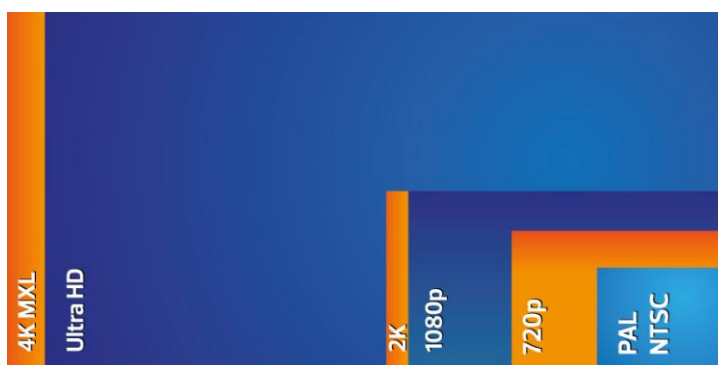
Coolox Pandora's box je najpopularniji u svijetu projekcijskog mapiranja dok je Watchout Dataton odmah iza njega. Coolox svoj *media server* Pandoras Box, intrigantnog naziva, prvotno nudi rješenje koje savršeno ujedinjuje najnaprednije sustave za renderiranje sa intuitivnim programima za prikazivanje produkcijskih uradaka. Jedna od karakteristika ovog servera je korištenje visoko kvalitetnog 3D *render* sustava u realnom vremenu. Pandoras box dolazi u nekoliko varijanti (Tablica 2).

Tablica 2 – Usporedba Pandoras box server paketa (preuzeto iz [20])

| Pandoras Box SERVER LT | Pandoras Box SERVER STD | Pandoras Box SERVER PRO |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 8 video slojeva | 16 video slojeva | Neograničen broj video slojeva |
| Neograničen broj slojeva grafike | Neograničen broj slojeva grafike | Neograničen broj slojeva grafike |
| Efekti sa sistemom čestica | Efekti sa sistemom čestica | Efekti sa sistemom čestica |
| HDD: 500GB | HDD: 1TB | HDD: 2TB |
| SSD Opcija: 240GB | SSD Opcija: 480GB | SSD Opcija: 960GB |

Vrlo važna stvar koju ovaj server nudi je reprodukcija 4K videa (Slika 13). Sve je veća potražnja za visokokvalitetnim 4K video projekcijama zbog rastućeg broja tvrtki koje žele biti prepoznate i istaknuti se u svijetu projekcijskog mapiranja. Ovakva je kvaliteta videa potpomognuta pojavljivanje 4K kamera. Još jedna činjenica naznačava preokret u video industriji a to je potez CEA (Consumer Electronics Association) organizacije koja je nedavno standardizirala *Ultra HD* format, a to je 3840x2160 pixela [20]. Tako je *Full HD*, koji je standard za izradu ekrana današnjih televizora i monitora prema ovome mizernih, 1920x1080 px. Iako je većina tehnoloških divova počela s proizvodnjom medija koji mogu reproducirati ovako velik video materijal, 4K rezolucije se u industriji ekrana još nisu standardizirale i udomaćile.

4K kao najveća rezolucija moguća (4096x2160 px) još nije našla svoje mjesto u knjigama standarada, no to je samo pitanje vremena.



Slika 13 – Usporedba rezolucija ekrana

Izradio: Aleksandar Rapačić

2.6.4 MIDI kontoleri

MIDI je skraćenica od *Musical Instrument Digital Interface* i tehnički je standard koji opisuje protokol, digitalno sučelje s pripadajućim konektorima koji omogućuje povezivanje širokog izbora digitalnih računalnih instrumenata. Svaki MIDI ulaz/izlaz u sebi sadržava 16 kanala informacija gdje se na svaki od njih može povezivati određeni instrument. Midi tehnologija je standardizirana 1983. godine od strane predstavnika glazbene industrije, te ju od te godine održava u to vrijeme stvorena MMA (MIDI Manufacturers Association) organizacija. Svi su službeni MIDI standardi združeno razvijeni i objavljeni od strane MMA u Americi, dok je u Japanu za standardizaciju zadužena AMEI (Association of Musical Eelctornics Indsutry) organizacija [21].

Jednostavno rečeno MIDI je standard komunikacije virtualnih instrumenata unutar računala sa sustavom unutar ili kontrolerom izvan računala. MIDI kontroleri su periferne jedinice koji se priključuju na računalo putem USB ulaza (slika 14), no za precizniju MIDI sinkonizaciju postoje karakteristični MIDI ulazi/izlazi. Iako je MIDI sučelje prvotno zamišljeno za *audio*, mnoštvo se programa za projekcijsko mapiranje može osposobiti za upravljanje perifernim uređajem preko MIDI mape. Tako svaki MIDI kontroler za *audio* instrumente unutar računala može služiti kao upravljačka za programe koji imaju omogućeno MIDI mapiranje.



Slika 14 – VJ MIDI kontroler s USB sučeljem

Izvor: <http://lividindustry.com/wp-content/uploads/2009/06/ohm64front.jpg>

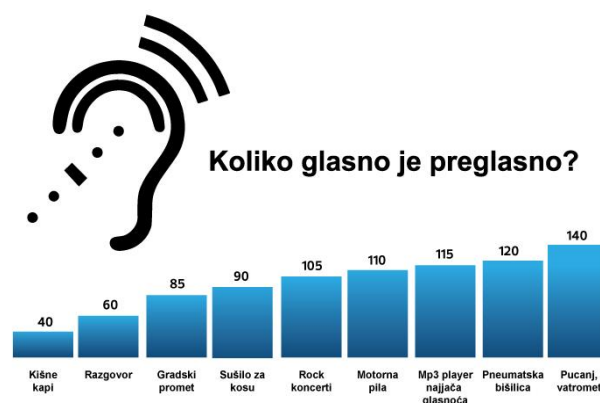
2.8.5 Audio oprema

Bez adekvatne *audio* opreme nema ni dobrog projekcijskog mapiranja. Ukoliko se kroz zvuk ne može privući gledatelja u priču cilj nije ispunjen. Ovisno o prostoru gdje se projekcijsko mapiranje održava osigurava se potrebna *audio* oprema. Omjer za definiranje zvuka mjeri se ovisno o broju ljudi, no postoje i omjeri prema kvadraturi prostora gdje projekcija odvija.

Što se tiče omjera snage prema broju ljudi on se određuje jednostavnom jednadžbom: 1W na jednog čovjeka. Ako se planira *event* koji će gledati 4000 ljudi potrebno je imati minimalno 4 kW razglas. Opet, taj razglas mora imati adekvatne zvučnike koji će biti u mogućnosti reproducirati sve frekvencije, najviše one dublje (20 -100Hz) za izdašnju snagu o kojoj se najviše ovisi.

Ako se mjeri prema kvadraturi prostora u kojem se održava mapiranje uzima se 1W na 1 m². Tako npr. za prostor 200 x 200 metara treba minimalno 4 kW razglas. No taj je omjer za minimalno zadovoljavanje preferencija ozvučenja te se na ukupan rezultat dodaje još 1 ili 2 kW snage razglasa.

Moguće je također izmjeriti i omjer prema glasnoći razglasa. Ako razglas na 1 metar daje 120 db, na 2 metra daje 112, na 4 metra daje 106, na 8 metara daje 100 db... itd. Kod ovakvog sistema dolazi eksponencijalnog pada glasnoće ovisno o udaljenosti. Npr ukoliko se želi da zadnji red publike udaljen 100 metara doživi cijeli događaj kao i prvi red, te čuje glasnoću od 120 db glasnoća razglasa mora biti oko 200 db što je za ostatak publike opasno po zdravlje i postoji velika mogućnost trajnog oštećenja slušnih organa. Obično se na događajima koji zahtijevaju glasan i snažan zvuk osiguravaju razglasi raspona glasnoće od 105-120 db.



Slika 15. Usporedba jačine pojedinih zvukova izraženo u Db (decibelima)

Izradio: Aleksandar Rapačić

Izrađeno prema: <http://www.dangerousdecibels.org/virtualexhibit/3howloudistooloud.html>

2.9 Potrebna programska podrška

Iako *media serveri* nude svoj *software* često su takve divovske instalacije nepotrebne i preskupe za jednostavna projekcijska mapiranja. Na tržištu programa postoji nekoliko desetaka firmi koje se bave razvojem programa za projekcijsko mapiranje. Takvi su programi nastali kao profesionalni dodatak na već uvriježene programe za *VJing*.

Najtraženiji programi na tržištu napravljeni su i za Windows i za Mac OSX operative sustave, no ipak se korisnici odlučuju za programe napravljene specifično za određen operativni sustav. Tako se PC korisnici najčešće služe programima:

- Arkaos GrandVJ
- Resolume Arena
- VDMX tools
- TorsionSoft
- Video projection tools (VPT)

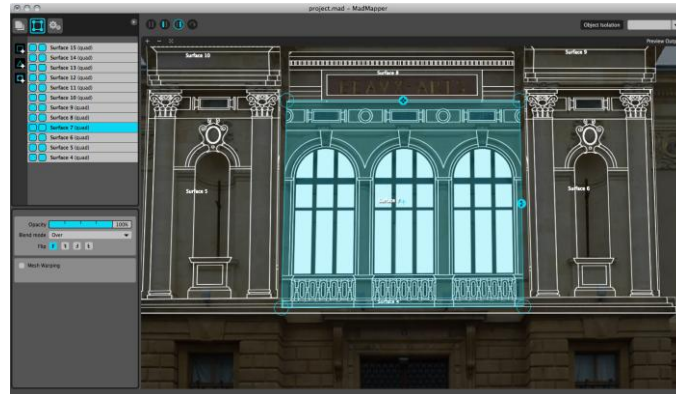
TorsionSoft i Video projection tools su specifično napravljeni za projekcijsko mapiranje. Video projection tools je besplatan program kojeg svatko može skinuti sa stranica proizvođača i okušati se u projekcijskom mapiranju. To je set svih potrebnih alata kojima se uspješno može izmapirati objekt, tj bolje rečeno nekoliko objekata. VPT su često istisnuti od strane komercijalnih alata čiji je GUI (*graphics user interface*) puno napredniji i razrađeniji, te se sve potrebno nalazi u jednom prozoru za razliku od VPT gdje je GUI relativno nezgrapnan za profesionalnu uporabu.

Gore su navedeni programi specifično napravljeni za Windows platformu, te su dalje razvijeni i za Mac OSX platformu, no Mac korisnici se više orijentiraju na program koji je često nazvan kao najbolji u svojoj kategoriji, a to je MAD mapper.

2.9.1 MAD mapper

MAD labs je firma koja je razvila MAD mapper i učinila ga najjednostavnijim programom u industriji što se tiče *user friendly* sučelja. Njegov GUI je relativno jednostavan i ne nudi na prvi pogled mnogo opcija, no MAD mapper zavarava svojim jednostavnim izgledom iza kojeg se skriva bezbroj mogućnosti za izradu fantastične predstave projekcijskog mapiranja (Slika 16). On je specifično napravljen za Mac OSX sučelje i nije ga moguće koristiti na Windows platformi. Karakterističan je jer koristi poseban ulazni modul pod nazivom Syphon, napravljen specifično za povezivanje MAD mappera s ostalim programima za *VJing* [22].

Iako ovaj program nije namijenjen za Windows platformu većina drugih programa za *VJing* jesu, te im je preko Syphona omogućeno povezivanje s MAD mapperom. MAD mapper je najkompatibilniji za rad s Modulom 8 (*Modulate*) koji je također napravljen za OSX sučelje.



Slika 16. Prikaz MAD mapper sučelja

Izvor: <http://www.madmapper.com/gallery/>

Kao i većina programa za projekcijsko mapiranje omogućeno je *live mapping* (u realnom vremenu) korištenjem Kinect kamere koju je za Xbox, svoju igraću konzolu, napravio Microsoft (Slika 17). *Live mapping* funkcionira na način da kamera prepoznaje pokrete, te oko osobe koja se kreće stvara masku kojom izdvaja sadržaj videa, te se isti video projicira direktno na osobu dok je ostali dio projekcije netaknut.



Slika 17. Prikaz izrade maske u realnom vremenu pomoću Kinect kamere

Izvor: http://1024d.files.wordpress.com/2011/08/mad_kinectmasker_tut_02.jpg?w=450

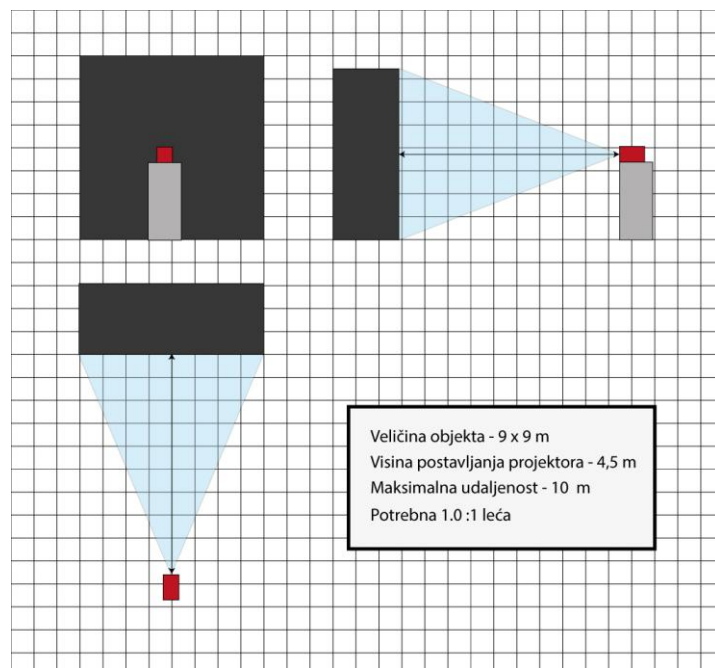
No ovaj program ne staje s lepezom svojih mogućnosti. Jedna od najboljih karakteristika MAD mappera je ta što je ovo prvi VJ program osposobljen za upravljanje postavom LED rasvjete posebno napravljenih za *light show*. Omogućuje VJ umjetnicima da u isto vrijeme kontroliraju video projekcijsku VJ predstavu i LED rasvjetu.

MAD mapper je program koji probija granice svojim *user friendly* grafičkim sučeljem i nevjerovatnom snagom koja se iza njega skriva.

2.10 Izrada 4D projekcije

2.10.1 Razrada omjera

Od trenutka saznanja lokacije i objekta kojeg će se mapirati potrebno je od tvrtke koja daje zahtjev za isto dobiti sve potrebne mjere objekta. Ukoliko je to kompleksni objekt potrebno je dobiti 3D model napravljen u jednom od programa za 3D modeliranje na kojem će se onda napraviti potrebne animacije. Za odabir opreme za projiciranje potrebno je laserskim mjeračem udaljenosti izmjeriti objekt te na lokaciji odabrati približno mjesto na kojem će se postaviti projektor i tu je također udaljenost potrebno izmjeriti. Nakon što su podaci prikupljeni pristupa se određivanju omjera zgrade i udaljenosti i prema tome se određuje jačina projektor i sistem leća koji je potrebno imati (Slika 18). Poželjan kut projektor u odnosu na površinu je 90° kako se slika ne bi izdeformirala, te se tako otežalo prilagođavanje projekcije na objekt. Nakon što se odrede sve vrijednosti pristupa se izradi produkcijskog videa u nekom od programa za 3D animaciju i modeliranje u eventualnoj kombinaciji sa snimljenim video materijalom. U ovom je trenutku simultano izrađen i potvrđen *storyboard* za produkciju.

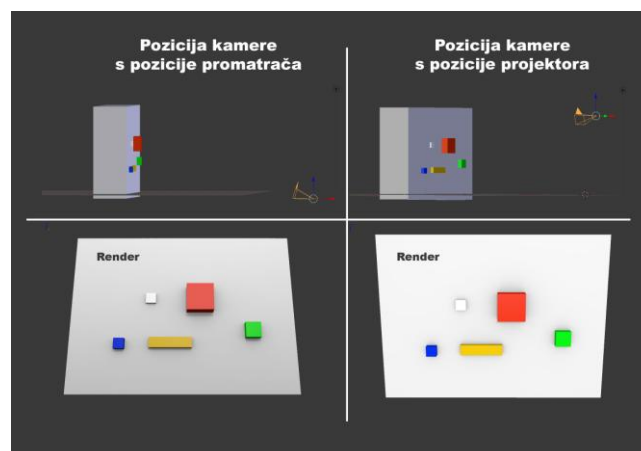


Slika 18. Razrada omjera i pozicije projektor

Izradio: Aleksandar Rapać

2.10.2 Izrada produkcijskog videa

Često pitanje koje se postavlja je "Kako produkcijski izraditi video za projekcijsko mapiranje?". Potrebno je prije svega baratati osnovnim znanjem grafičkih programa Adobe paketa (Photoshop, Illustrator), te razumjeti trodimenzionalni koordinatni sustav (x,y,z). Sljedeće znanje koje je potrebno savladati je znanje nekog 3D programa, ili najbolje, angažirati osobu koja barata tim znanjem. Najčešće korišteni komercijalni programi su Cinema 4D, 3D studio MAX i Maya. Ukoliko je kupnja ovih programa preveliki trošak za početak, može se koristiti i Blender, koji je besplatan i moćan program za 3D animaciju i modeliranje napravljen za Windows i Mac OSX platforme. Pri izradi animacije potrebno je postaviti adekvatnu rasvjetu u 3D sceni kako bi 3D efekti došli do izražaja zbog sjena koje daju pravi osjećaj realnosti. Po završetku animacije potrebno je postaviti adekvatnu kameru u sceni. Kamera služi kako bi pogled na scenu mogli približiti kutu gledanja promatrača. Ta je pozicija kamere neovisna o poziciji projektora (slika 19). Nakon što smo postavili 3D kameru potrebno je istu i izrenderirati. *Render* je operacija pri kojoj program kalkulira i izrađuje sličicu po sličicu videa. Po završetku *rendera* finalni se video šalje na post produkciju u kojoj se dodaju razni efekti, popravljaju boje, kontrast i oštrina kompletnog videa kako bi projekcija izgledala što življa i bolja. Za potrebe projekcijskog mapiranja najbolje je malo i pretjerati u zasićenju boja kako bi iz jednadžbe izbacili sigurno gubljenje izlaznog svjetla iz projektora koje rezultira manje svijetlom i bljedom projekcijom. Najbolji program za *post* produkciju je Adobe After Effects. Također se u tom programu može raditi i većina produkcije prije same *post* produkcije. Simultano se uz *post* produkciju izrađuje *audio* zapis koji se kompletira nakon što se dobije završna verzija videa. Sa završenim zvučnim efektima video se još jednom renderira te se tako dobije finalna verzija koja je spremna za projekciju.

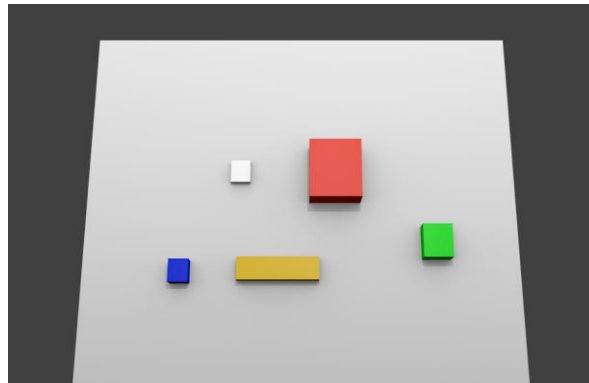


Slika 19. Pozicija kamere unutar programa

Izradio: Aleksandar Rapačić

2.10.3 Postupak mapiranja

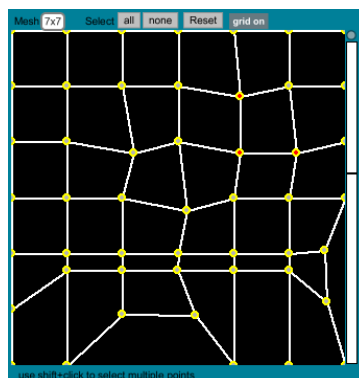
Dobiveni objekt u video zapisu izrenderiran je 3D kamerom kojoj je određena žarišna daljina, obično to bude oko 30 mm. Zbog perspektive pogleda iz razine promatrača zgrada izgleda deformirano i gornji joj je rub manji nego donji što je najčešći slučaj (slika 20).



Slika 20. Izgled renderiranog videa iz 3D programa

Izradio: Aleksandar Rapać

Kada bi tako pripremljen video zapis bio pušten kao projekcija rezultat bi bio više nego razočaravajuće. Treba uzeti u obzir i da se konkretno govori o planarnoj projekciji, no tu se postavlja problem kod širokokutnih (panoramskih) i sfernih projekcija jer dolazi do ne poklapanja renderiranog videa i objekta koji se mapira. Bilo da se koristi program za Windows ili Mac sučelje on u svojim opcijama sadržava korekciju geometrije koja se u programu nalazi pod imenom *mesh warping* ili *geometry correction* (slika 21). To za zapravo mreža čijim se pomičnim točkama radi korekcija renderiranog videa kako bi se točno prilagodila bilo oštrim ili zaobljenim rubovima i dijelovima zgrade.



Slika 21. Prikaz mesh warping u programu Video projection tools 6

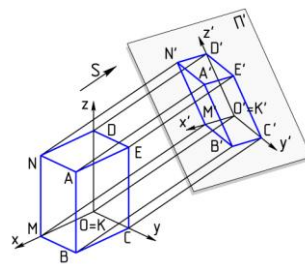
Izvor: <http://hcgilje.wordpress.com/vpt6-manual/>

Često se u projekcijskom mapiranju radi sa zgradama nepravilnih oblika i mnoštvom rubova iza kojih mogu biti neki drugi objekti koji nisu relevantni za priču. Iako je područje oko renderiranog finalnog videa na oko crno, njegovi pixeli još uvijek mogu sadržavati određenu količinu informacija koju će snažan projektor reproducirati kao svjetlost (koliko god mala ona bila). Kako bi osigurali da jedino područje objekta bude osvijetljeno moramo u programu za mapiranje iscrtati maske koje osiguravaju da projektor za ta polja dobiva informaciju $R=0$, $G=0$, $B=0$, što projektor interpretira kao crni piksel te na tom području neće biti emitirana svjetlost.

2.11 Vrste projekcijskog mapiranja

2.11.1 Planarno projekcijsko mapiranje

To je osnovna vrsta projekcijskog mapiranja gdje je podloga je ravna i dvodimenzionalna, a najčešće je to projekcijsko platno, zid ili pročelje zgrade. Slika 3D objekta u ovom načinu mapiranja projicira se na način da se iz 3D programa izrenderira 3D objekt kojemu su njegove koordinate u trodimenzionalnom prostoru pretvorene u dvodimenzionalni (slika 22). Takva se dvodimenzionalna slika, tj. u ovom slučaju video, projicira na ravnu podlogu na kojoj taj predmet iz određenog kuta gledanja dobiva treću dimenziju. Iluzija treće dimenzije dobiva se iz određenog kuta gledanja, tj iz kuta kojem je taj objekt renderiran u 3D programu.



Slika 22. Translatacija 3D objekta u 2D prostor

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/Planar_projection

2.11.2 Panoramsko projekcijsko mapiranje

Panoramsko projekcijsko mapiranje podrazumijeva bilo koju projekciju koja obuhvaća područje projekcije do 360° i projicirano na mediju sfernog oblika. Bitna razlika panoramske od sferne projekcije je ta što su kod panoramske projekcije gornji i donji rubovi vidljivi te nam slika izlazi samo horizontalno iz vidokruga (slika 23) [23].

Često je korištena za razne kino projekcije, no najviše služi za potrebe mapiranja kompleksa zgrada ili sustava povezanih površina. Uvjet koji također mora biti zadovoljen je povezanost projekcije. Ona mora djelovati kao jedna cjelina, te iz tog razloga u ovu skupinu ne spadaju projekcije više različitih površina koje na sebi imaju zasebne video projekcije.



Slika 23. Primjer panoramske projekcije

http://logancaldwell.net/?attachment_id=174

2.11.3 Sferno projekcijsko mapiranje

Sferne projekcije obuhvaćaju do 360° projekcije u svim smjerovima i projicirane su na unutarnji ili vanjski dio kugle ili neke od njezinih fragmenata [23]. Ovo je najzahtjevnija metoda projekcijskog mapiranja. Kod cilindričnog mapiranja dolazi do deformacije vertikalnih linija, te je ta deformacija veća što smo bliži polovima kugle. Izlazni video zapis biti će deformiran na vršnim dijelovima (slika 24), no pri mapiranju takvog video zapisa potrebno je koristiti *mesh warping* kojim se otklanjaju deformacije koje se događaju. Za realizaciju sferne projekcije potrebno je imati nekoliko projektora (ovisno o veličini) te video razdjelnik koji će izlazni video zapis podijeliti na fragmente koji će se reproducirati svaki na zasebnom projektoru djelujući kao cjelina.



Slika 24. Prikaz deformacije kod izlaznog video zapisa za sfernu projekciju

<http://static.gigapan.org/gigapans0/96843/images/96843-500x250.jpg>

2.11.4 Interaktivno projekcijsko mapiranje

Interaktivne projekcije postaju sve popularnije zbog mogućnosti interakcije korisnika s projiciranim video sadržajem. Tako postoji *live paint* projekcijsko mapiranje gdje korisnici pomoću svjetiljki usmjerenih u kameru ostavljaju trag svjetla na projiciranom objektu. Također se koristi projekcijsko mapiranje potpomognuto *multitouch* ekranima na kojim se prikazuje projiciran video sadržaj kojeg korisnici mogu mijenjati u realnom vremenu. Jedna od vrsta interaktivnog projekcijskog mapiranja je interaktivna igra gdje je ispred projekcijske površine postavljen *game pad* kojim korisnici mogu upravljati sadržajem u projiciranom videu, često se radi o video igrici. Najnovija tehnika interaktivnog mapiranja je *mocap mapping*, što znači *motion capture* (praćenje pokreta) [24]. Ova tehnika omogućuje interakciju korisnika s 3D modelom projiciranim na površinu ispred njih.

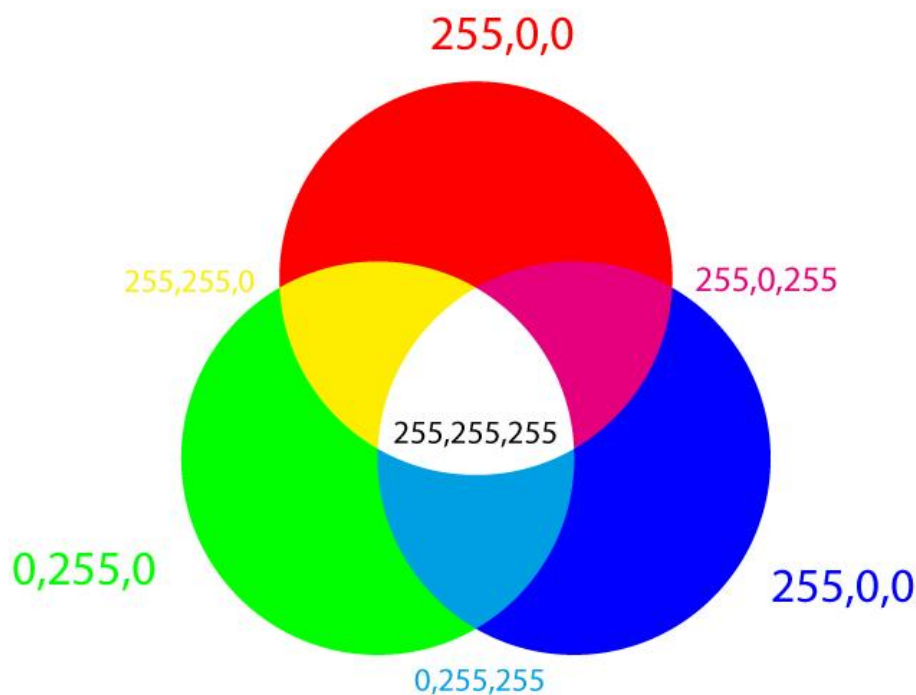
2.12 RGB prostor boja

Projekcijsko mapiranje isključivo je smješteno u RGB prostor boja, bilo da se radi o izradi video materijala ili samoj projekciji. RGB model boja je boja aditivni model u kojem se na različite načine zbrajaju crvena, zelena i plava svjetlost te se na taj način može reproducirati cijeli vidljivi spektar boja. Naziv modela sastavljen je od početna slova tri primarne boje koje se zbrajaju - *Red* (crvena), *Green* (zelena) i *Blue* (plava). Glavna svrha RGB prostora boja je očitavanje, reprodukcija i prikaz slike na elektroničkim medijima kao što su televizijski uređaji i računalni monitori, te u analognoj i digitalnoj fotografiji [25].

Prije pojave elektroničkih uređaja RGB kolor sustav je već bio definiran, opisujući psihološku percepciju boja te njezino interpretaciju u mozgu. RGB je *device dependent* sustav (sustav ovisan o uređaju) jer različiti sustavi različito reproduciraju pojedine vrijednosti, te se oni razlikuju od proizvođača do proizvođača. Čak je moguća i različita reprodukcija i interpretacija vrijednosti RGB sustava od strane istog uređaja ovisno o njegovoj starosti i korištenosti. Iz tog razloga se uređaju kalibriraju kako bi reproducirali točno određeni model te da bi određen reproducirani (izlazni) sadržaj bio jednakih vrijednosti kao ulazni. Tipični RGB ulazni uređaji su kolor televizori, kamere, fotoaparati, skeneri i digitalne kamere. Televizori funkcioniraju kao ulazni i izlazni uređaji gdje je ulazni signal (bio digitalan ili analogan) reproduciran u RGB sustavu boja. Projektori u ovom slučaju funkcioniraju kao televizori, emitirajući svjetlo u RGB sustavu. Ovakvi uređaji imaju različite metode i tehnologije za reprodukciju slike. Tako se razlikuju CRT, LCD, plazma i LED sustavi.

Da bi se reproducirala određena boja u RGB sustavu potrebna je stimulacija sustava koji ih reproducira na način da se, kod izlaznih uređaja (TV, projektor), pobudi emisija te tri boje. Svaka od te tri boje je zasebna komponenta koja ima raspon od 0-255, tj. bez emisije ili potpuna emisija. RGB sustav boja naziva se aditivnim sustavom temeljen na aditivnoj sintezi boja, što znači da se sve ostale boje dobivaju zbrajanjem vrijednosti tri glavne komponente. Ukoliko je emisija sve tri komponente 0 ($R=0$, $G=0$, $B=0$) tada sustav ne emitira nikakve vrijednosti, tj. ne odašilje nikakve valne duljine i u oku promatrača kao i u uređaju se takva vrijednost percipira kao crna boja. Ako je pak emisija svake vrijednosti jednaka 255 rezultat će biti pobuđene sve tri komponente, a taj rezultat će se percipirati kao bijela boja. Kvaliteta bijele boje ovisi o kvaliteti i mogućnosti reprodukcije (gamut) određenog uređaja. Ukoliko sustav nije baždaren, tj. pojedine komponente ne prikazuju ulazne vrijednosti bijele boje na potreban način tada je rezultat neutralna bijela boja koje se, tzv. bijela točka sustava, njegova maksimalna moć reprodukcije bijele boje ili bolje rečeno sposobnost pobuđivanja sve tri komponente istovremeno. Ukoliko su vrijednosti RGB komponenti jednake, a nalaze se

između 0 i 255 tada je rezultat siva boja, koja ovisi koliko su simultano udaljene od 0 i 255. Ako pak postoji razlika svake od komponenta govori se o tonu koji može biti više ili manje zasićen, ovisno o razlici najjače i najslabije komponente. U slučaju da jedna od komponenta ima najjači intenzitet ton boje je najbliži toj komponenti pa rezultati mogu biti interpretirani kao crvenkasti, zelenkasti i plavi ton boje. Kombinacijom primarnih boja RGB sustava boja dobivaju se sekundarne boje. To se događa ukoliko dvije komponente imaju isti intenzitet. Sekundarne boje su cijan, purpurna i žuta (cyan, magenta i yellow - CMY). Plava i zelena daju cijan, crvena i plava daju purpurnu, a žutu pak daju crvena i zelena komponenta (slika 25). Sekundarne boje su komplementi primarnih boja. Ukoliko se dodaju primarna komponenta i njena sekundarna boja dobiva se bijela svjetlost. Cijan je komplement crvene, purpurna je komplement zelene i žuta je komplement plave komponente. RGB sustav boja ne definira apsolutne vrijednosti reproduciranih boja, već je taj sustav općenit i relativan. Postave li se točne kromatske vrijednosti crvene, zelene i plave komponente kao rezultat dobiva se posebno definirani sustav boja od kojih su glavni sRGB i Adobe RGB.



Slika 25. Prikaz miješanja boja u RGB sintezi

Izradio: Aleksandar Rapačić

2.13 Grafika

Grafika se definira kao vizualna reprodukcija materijala na određenoj površini, kao što je zid, platno, papir, kamen ili ekran sa svrhom prenošenja informacija. Graf je korijen riječi grafika, a graf je određen točkama koje imaju svoje x i y koordinate. Bilo da je riječ o fizičkoj poziciji točaka, kao što je slučaj kod papira, ili digitalnoj poziciji, kao što je slučaj kod ekrana i projektora, reprezentirani objekt naziva se grafika. Primjeri su fotografije, crteži, linijske grafike, grafikoni, tipografija, brojevi, simboli, geometrijske grafike, geografske karte, tehnički nacrti itd. Grafike ne rijetko ujedinjuju tekst, ilustracije i boje što je najčešći slučaj kod grafičkog dizajna koji je usko povezan s konvencionalnom grafičkom tehnologijom. Prve grafike datiraju još od 40 000. godine p.n.e. i prema modernom vremenu nalaze se interpretirane raznim načinima reprodukcije, ne mijenjajući svoj smisao, a to je slikovna reprezentacija određene informacije [26].

Tako postoji nekoliko različitih interpretacija i vrsta grafika. Crteži su, dakle, jedni od prvih grafika koji su rađeni pritiskom određenog materijala na radnu površinu gdje je taj materijal ostavljajući svoje fragmente stvarao vizualnu reprezentaciju misli osobe koja ih je radila. Simboli kao grafike su vezani uz prve crteže koji su predstavljali i još uvijek predstavljaju određen koncept, ideju, te stvaran ili izmišljen objekt. Ubrzo nakon izuma papira u Kini se pojavila tehnika reprodukcije simbola na određenu koristeći prijenosni medij. Takva tehnika reprodukcije se naziva tisak koji je izmijenio svijet i konstantno ga formirao do današnjeg dana gdje to čini i dalje. Linije su sastavni dio bilo kakve grafike, no grafika sastavljena samo od njih naziva se linijska grafika. Ona je često bez boje i sjena kojima dobivamo osjećaj stvarnosti. Jasne linije iscrtavaju 2D i 3D objekte te ih se u 3D programima nalazi pod nazivom *wireframe* (žičani prikaz objekta) [26].

Najčešće korištena linijska grafika vezana je uz tehničke crteže i nacрте, koji sami čine kategoriju inženjerska grafika. Ilustracije podrazumijevaju grafiku s vidljivim brojem ploha od kojih je sastavljena, isključujući time realističnost prikaza objekta, te se fokusira na više prepoznatljivost nego na realnu formu kakvu objekt ima u stvarnosti. Graf je vrsta informativne grafike koja prikazuje brojčane vrijednosti u vizualnom obliku, potpomagajući njihovom lakšem razumijevanju. Dijagram je strukturna vizualna reprezentacija koncepta ili ideje, konstrukcija ili tehnoloških i inih procesa. Mapa je grafika koja služi za jednostavniju predodžbu određenog prostora te bolje shvaćanje korelacije određenih objekata koji se na njoj nalaze. Fotografije su kompleksne i detaljne grafike koje sadržavaju mnoštvo elemenata u reprezentaciji reflektiranog svjetla uhvaćenog na reaktivni medij (film, digitalni senzor). Najnovija vrsta grafike je računalna grafika.

2.13.1 Računalna grafika

Pojavom digitalnih medija reprodukcija se s fizičkih površina prenosi u digitalni svijet nula i jedinica te se reproducira na drugačiji način (Slika 26). Grafika generirana u računalu naziva se računalna grafika i to je omogućeno putem raznih programa, bilo koristeći vektorie, piksele ili 3D grafiku [26].

Računalna je grafika omogućila interakciju sa sadržajem i boljim razumijevanjem podataka, ali i pojednostavljenje raznih procesa što je rezultiralo znatno većom brzinom izvršavanja određenog zadatka.



Slika 26. Prikaz kako se pomoću računalne grafike može promijeniti realna scena

Izvor: <http://www.youtube.com/watch?v=BJTD3AbdBb8>

Razvoj računalne grafike je uvelike utjecao na kompletnu grafičku industriju, te na vrlo usko povezan marketinški svijet. Pojavom i razvojem računalne grafike revolucionaliziran je protok podataka, te efikasnost u izradi i razradi zadataka i projekta. Kao jedan od glavnih ciljeva računalne grafike je nastojanje stvaranja fizikalno dosljedne sinteze digitalnog okoliša zapisanog u nekom unaprijed dogovorenom formalnom obliku predstavljanja stvarne okoline. Izračun u takvoj mjeri fizikalno dosljednih slika zahtjeva simuliranje svjetlosnog prijenosa, tj. međudjelovanja svjetlosti s materijalnim objektima, odnosno u okvirima računalne grafike - globalnog osvjetljenja. Obzirom na dvojnu valno-čestičnu prirodu svjetlosti i spektar

raznovrsnih pojava koje se uz nju vežu, izravna simulacija svakidašnjeg svijeta predstavljala bi iznimno težak, i za današnje prilike nepremostiv, problem. Srećom, svjetlost je uglavnom nekoherentna (izvori svjetlosti nemaju stalnu faznu razliku i jednake frekvencije), nepolarizirana i objekti s kojima vrši interakciju značajno su veći od njene valne duljine, te iz tih razloga većina današnjih računalnih rješenja u razmatranje uzima samo geometrijske zakonitosti pravocrtnog prostiranja vala svjetlosti. Ipak, neke pojave poput raspršenja svjetlosti u koloidnim sustavima (magla, nehomogene tekućine) iziskuju uvođenje složenijih i samim time računalno zahtjevnijih algoritamskih rješenja u cilju postizanja oku uvjerljivih rezultata. S druge strane, učinkovitost sinteze slike ovisi i o mnogo više faktora nego što ih valno-čestična teorija svjetlosti može ponuditi, a prvenstveno je riječ o karakteristikama suvremenih prikaznih uređaja poput nelinearnosti i ograničenog dinamičnog opsega, fiziologije oka, pa čak i viših kognitivnih aspekata percepcije. Iz navedenog se može zaključiti kako je cilj računalne grafike dati jasan i nedvosmislen odgovor na pitanje kako generirati naravnu računalnu predodžbu vizualne stvarnosti (NRPVS). Da je to u današnjim okolnostima sasvim ostvarivo, osvjedočili su se svi oni koji su imali prilike pogledati neki od recentnijih dugometražnih animiranih filmova poput Final Fantasya, Shreka i inih, ili vidjeti neku od niza vizualnih podvala koje nam svakodnevno serviraju u gotovo svim Hollywoodskim blockbusterima „novijeg“ datuma. Naime, padom cijena računalnog hardvera produkcijskim studijima postaje sve isplativije investirati u za te svrhe specijaliziranu računalnu opremu i angažiranje kvalificiranih računalnih stručnjaka i animacijskih umjetnika, čime uspijevaju značajno uštedjeti izbjegavajući konstrukcije velikih, složenih i prvenstveno basnoslovno skupih filmskih scena, poput masovnih bitaka starog i srednjeg vijeka u kojima sudjeluju na tisuće pripadnika zaraćenih strana, oživljavanja pretpovijesnih stvorova u njihovoj punoj veličini, ili animiranja spektakularnih međugalaktičkih svemirskih okršaja epskih razmjera. Međutim, čak i ako izuzmemo filmove iz perspektive, područje primjene računalne grafike nikako nije osiromašeno. Danas je ono uistinu neophodna karika u industrijskom dizajnu i arhitekturi, predstavljanju proizvoda (reklamama), digitalno oživljavanju povijesne baštine i računalnim animacija općenito, a vrlo brzo postati će i svakodnevnicom računalnih igara. Kao krajnji cilj računalne grafike postavlja se virtualna stvarnost [26].

2.14 Multimedij

Medij predstavlja sredstvo kojim se prenosi određena informacija. Kombinira se li više takvih sredstava predstavlja se pojam multimedij koji u suvremenom svijetu postaje neizbježan i nužan način prenošenja informacija. Multimedij isključuje rudimentarni prijenos informacija (gdje postoji određen medij za prijenos istoznačne informacije) kao bazičan i orijentira se ka kombinaciji takvih različitih medija. On kombinira tekst, zvuk, slike, animaciju i interaktivnost u jednu cjelinu [27].

Takav način prijenosa informacija obično uključuje ekranski prikaz informacije nakon što je ona prethodno snimljena ili digitalno stvorena. Uređaji za prikaz multimedijalnog sadržaja su elektronički mediji napravljeni u svrhu interpretacije takvog sadržaja koji je digitalnog oblika. Najveća razlika multimedijalnog sadržaja od ostalog, i zapravo jedan od najjednostavnijih primjera, je implementacija *audio* materijala uz vizualni sadržaj, smještajući tako multimedij u širu sferu. Pojam koji se veže uz multimediju, a novijeg je datuma, je *rich media* koji označava interaktivni multimedijski sadržaj. Problem koji se često javlja kod korištenja pojma multimedij je dvosmislenost toga pojma što njegovo pozicioniranje i razlikovanje čini težim, te je često korišten u krivom kontekstu. Multimedijom se ne smatra više primjeraka istog medija, već više različitih medija povezanih u jedan. Što se tiče razlike u vrstama medija, statični sadržaj poput tiskanog materijala se može smatrati multimedijom jer ne rijetko koristi sliku i tekst te razne druge grafičke reprezentacije. Također se knjiga može smatrati *rich* medijem jer korisniku omogućuje interakciju s otisnutim materijalom tako što okreće stranice. Video, bez *audio* segmenta, također može biti smatran multimedijom jer koristi mnogo slika kako bi prikazao, u ovom slučaju, slijed snimljenih fotografija. Tako je najbolje definirati pojam digitalni multimedij koji jasno označava informacije procesirane nizom računalnih algoritama da bi se na kraju prikazale u razumljivom i prepoznatljivom vizualnom obliku. U digitalno je doba nezamislivo proći kroz dio dana bez susreta s nekim od digitalnih multimedija. Oni označavaju nov način komunikacije među ljudima, bilo da se govori o privatnoj ili poslovnoj komunikaciji, te primanju informacija konkretnije rečeno marketinškom načinu promocije. Pojavom digitalnog multimedija grafičkoj je tehnologija proširena sfera djelovanja, te je uz tisakane materijale, kao ustaljenu vizualnu formu komunikacije s potrošačima, stvoreno mnoštvo informacija koji komuniciraju dinamično umjesto statično.

2.15 Oglašavanje u suvremenom multimedijalnom okružju

Oglašavanje je način komunikacije u svrhu promocije proizvoda, sadržaja ili usluge s ciljem prodaje ili zadržavanja istog, bilo poticanjem, uvjeravanjem ili manipulacijom ciljane publike (gledatelji, čitaoci ili slušatelji) [28].

Željeni rezultat je najčešće vođenje i formiranje misli potrošača obzirom na trenutnu ponudu, no to naravno ne isključuje politički i ideološki marketing. Često je oglašavanje korištenje u uvjeravanje ili podsjećanje radnika i poslovnih partnera kako je tvrtka još uvijek u savršenoj kondiciji, stabilna i jača no ikad. Oglašavačke su poruke plaćene od strane sponzora te reproducirane putem tradicionalnih i novih medija. Tradicionalni mediji uključuju novine, časopise, televizijske reklame, radio reklame i poštu. Novim se medijima smatraju internet i pametni uređaji, te razni uređaji za simulaciju holograma, te projekcijsko mapiranje. Komercijalni oglašivači teže ka povećanoj potrošnji svojih proizvoda čije opažanje, koje se postiže kroz brendiranje, u moru raznih web, print i inih načina oglašavanja postaje sve teže, te se pristupa novim načinima promocije proizvoda i usluga. Projekcijsko je mapiranje je postiglo ogroman uspjeh kroz gerila marketinške kampanje i korištenjem u VJ nastupima. Velike su tvrtke kao što su Nokia, Samsung i BMW uključile projekcijsko mapiranje u svoje marketinške kampanje u većim gradovima širom svijeta. Kao što je ranije spomenuto, projekcijsko mapiranje može biti interaktivno, i upravo je Nokia iskoristila takvu mogućnost predstavljajući svoje Ovi mape u kojem su projicirani 3D modeli ljudi oponašali pokrete prolaznika. Sve više festivala se odlučuje za implementaciju projekcijskog mapiranja u stalne postavne svojih vizualnih predstava. Tako je festival Fête des Lumières in Lyon jedan od prvih preuzeo projekcijsko mapiranje učineći zgradu ogromnom fliper mašinom. *VJing* se kao preteča projekcijskog mapiranja, kao što je ranije spomenuto, prvo pojavio u klupskoj sceni na području New Yorka obuzimajući svijet elektronske glazbe kao nužan segment nastupa svakog DJ-a. Iako se još uvijek koriste normalne 2D VJ projekcije sve se više glazbenih umjetnika odlučuje na posebno osmišljane 3D instalacije. Također se projekcijska mapiranja pojavljuju na zgradama i objektima bez posebne najave i dozvole. Ovakav način projekcijskog mapiranja naziva se *guerilla mapping*.

2.15.1 Guerilla mapping

U općem smislu gerila marketing je strategija oglašavanja u kojoj se predstavlja proizvod ili češće ideja, a to je činjeno grafitima, naljepnicama (*sticker bombing*) i *flash mobovima*. Gerila marketing služio je isprva kako bi osvijestio narod o problemima koji se pojavljuju u društvu, potičući ih na konkretnije djelovanje. Takva se prvotna svrha komercijalizacijom s godinama pretvorila u način oglašavanja koji se koristi u svrhu komercijalne promocije. Pojam gerila marketing stvoren je od prvobitnog značenja gerila ratne strategije koja koristi netipične taktike kako bi se postigao određen cilj u izuzetno kompetitivnoj i surovoj okolini. Za razliku od konvencionalnog načina oglašavanja koji se oslanja na pozamašne budžete u kojima djeluje, gerila marketing se oslanja na inovativnost, inventivnost, energiju i maštu. U ovom je slučaju gerila marketing teže smjestiti u sferu niskih budžeta jer je sama oprema za uspješno mapiranje podosta skupa i ne može si ju svatko priuštiti. No i u ovom slučaju postoje individualci koji svoju kreativnost i ideje izražavaju na ovakav način. Razlog zašto je ovakva metoda oglašavanja zanimljiva je iz razloga što je u prvom redu drugačija, te u svijesti pojedinca stvara osjećaj misterioznosti i intrige [28].

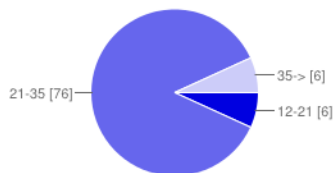
3. Eksperimentalni dio

3.1 Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je istražiti povezanost 4D projekcijskog mapiranja s grafičkom strukom koja ne konstantno podložna izmjenama i raznim novinama zbog eksponencionalnog rasta i razvoja tehnologije. Naime ukoliko kako je ranije u radu i objašnjeno se definira grafičku struku kao onu koja koristi različite tehnologije za oblike vizualnih komunikacija sasvim je jasno da u nju ulazi i ova suvremena tehnologija. Stoga je za potrebe ovog rada osmišljeno istraživanje koje ima za cilj ustanoviti stavove sudionika vezane uz 4D projekcijsko mapiranje te njegovu komparaciju s nekim konvencionalnim metodama oglašavanja i vizualnih komunikacija. Za potrebe istraživanja uzet je prigodni uzorak od 88 ispitanika. Uzorak je načinjen od korisnika društvenih mreža na Internetu i korisnika internetom općenito što u slučaju Hrvatske predstavlja diskriminirajući faktor prema onom velikom dijelu populacije koji kako zbog generacijskog jaza, nedostupnosti tehnologije ili pak iz nekog drugog razloga nije u mogućnosti se koristiti spomenutim sredstvima. No za potrebe samog istraživanja to se ne bi trebalo pokazati kao veliki problem obzirom da je sama tehnologija čiji se utjecaj istražuje usmjerena upravo prema mlađoj populaciji kao njenim češćim konzumentima, a isto tako i tehnički pismenoj populaciji (u vidu suvremenih komunikacijskih tehnologija) koja ima prilike doći u doticaj s 4D projekcijskim mapiranjem. Nadalje je nakon kratkog orijentacijskog istraživanja koje je dalo smjernice za formiranje konačnog upitnika. Upitnik koji su sudionici istraživanja ispunjavali sastavljen je od 14 pitanja, 12 s višestrukim odgovorom te 2 s pojašnjavanjem određenog doživljaja, odnosno s prostorom u kojemu su sudionici mogli samostalno iznijeti svoje misli i stavove. Pitanja su u upitniku bila usmjerena ka povezivanju 4D projekcijskog mapiranja s grafičkom strukom, odnosno njenim najvećim klijentom – marketingom i vizualnim oglašavanjem. Također je u upitniku sudionicima dano da usporede i iznesu svoje stavove vezane uz 4D projekcijsko mapiranje kao suvremeni vid vizualnih komunikacija s nekim konvencionalnim tehnikama i metodama. Upitnik je distribuiran sudionicima istraživanja elektroničkim putem što je olakšalo u konačnici i njegovu obradu.

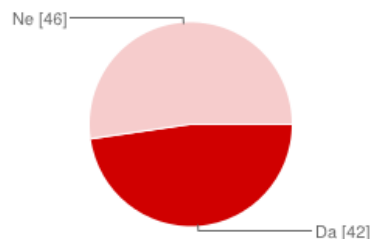
4. Rezultati i rasprava

Dob sudionika je dominantno između 21 i 35 godina, dok su ostale dobne skupine od 12-21, te od 35 pa nadalje (slika 27). Pretpostavka je da je se u tom vremenskom razdoblju najviše akumulira potreba za inovativnošću i zauzimanjem određenog mišljenja, čime bi se potkrijepilo povezivanje dviju tema koje se želi povezati. Istraživanje je provedeno neovisno o spolu ispitanika. Također isto tako se uz upravo te dobne skupine može ponajviše i povezivati konzumacija takvog načina oglašavanja koje je prije svega namijenjeno mlađoj populaciji. Pri tom se treba uzeti u obzir i činjenica da ta tehnologija, ukoliko će ostati i u dužem narednom periodu aktualna, mora sakupiti svoju publiku upravo u tim dobnim skupinama. Dakako da se može reći da još uvijek dominiraju oblici oglašavanja kroz tiskane medije no to se u svakom slučaju može dovesti u korelaciju s dobnom strukturom ukupne populacije.

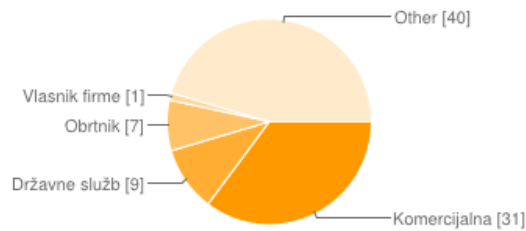


Slika 27. Prikaz dobi sudionika

Od 88 ispitanika čak 52% nije upoznato s pojmom projekcijsko mapiranje (slika 28). Ciljane djelatnosti u ovom su slučaju bile usmjerene prema komercijalistima, državnim službama, obrtnicima i vlasnicima firmi. Razlog fokusiranja na te djelatnosti je pretpostavka da su komercijalisti više upoznati s marketingom firmi (najviše onom u kojoj rade), obrtnici i vlasnici firmi kao potencijalni klijenti zbog promocije svojih usluga te državni službenici kao poslovno potpuno odvojeni od komercijalne sfere (slika 29). Upravo ranije navedene skupine obrtnika, djelatnika u komercijali i općenito vlasnika poduzeća su tradicionalno ciljane skupine grafičke struke i njezini najčešći klijenti te kao takvi čine najzanimljiviju skupinu za ovo istraživanje.

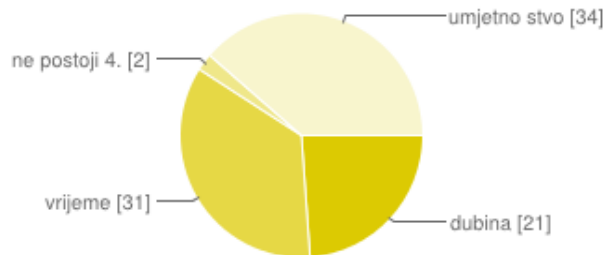


Slika 28. Prikaz upoznatosti sudionika s pojmom projekcijsko mapiranje



Slika 29. Prikaz djelatnosti sudionika

Zanimljiva je činjenica da čak 39% sudionika tvrdi da je 4. dimenzija umjetno stvorena, uzimajući vrijeme kao ustaljenu i predefiniciranu konstantu koja u ovom slučaju postaje irelevantna. 24% sudionika tvrdi kako je 4. dimenzija jedna od osnovne tri prostorne dimenzije, a to je dubina, dok je 35% sudionika točno odgovorilo na postavljeno pitanje i smatra vrijeme 4. dimenzijom. 2% sudionika tvrdi kako ne postoji 4. dimenzija (slika 30).



Slika 30. Prikaz percepcije 4. dimenzije sudionika

U jednom dijelu istraživanja uvršten je video zapis te su sudionici bili zamoljeni komentirati dojam koji je video zapis ostavio na njih pokušajući time predočiti osjećaj kakav ostavlja projekcijsko mapiranje. Prikazan im je video zapis jednog od prvih projekcijskih mapiranja, predstavljanje Samsungovog prvog 3D televizora (Slika 31). Video snimka izgleda ovako:

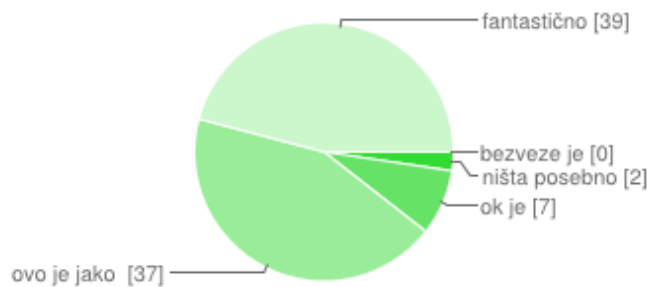


Slika 31. Prikaz glavnih dijelova prikazanog videa

Izvor: <http://www.youtube.com/watch?v=cb6k-8hhGQ8>

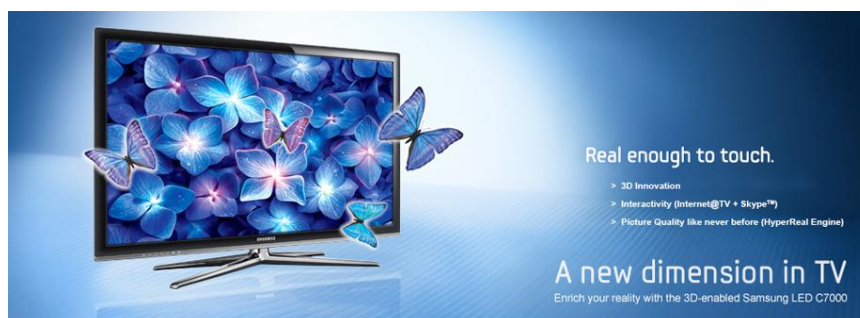
Odgovori su bili različiti no najviše je ispitanika (njih 46%) odabralo odgovor "fantastično", njih 44% odgovor "ovo je jako dobro" dok je samo 10% raspodijeljeno između odgovora "ok

je" i "ništa posebno". Ovim pitanjem već se na početku vidi pozitivna reakcija i stvaranje jedinstvenog dojma kojeg ostavlja projekcijsko mapiranje. Uzme li se u obzir sve napisano u ovom radu može se reći da 4D projekcijsko mapiranje uspijeva postići ono što mu je i namjera – zadiviti promatrača. Ljudi su uobičajeno naviknuti na statične reklame koje predstavljaju nepokretnu kombinaciju ilustracije, tipografije i fotografije koja je već ustaljena i dobro poznata te se smatra da će u budućnosti takav oblik oglašavanja imati zadatak informirati, a nikako ne zadiviti. Druga navika kod konzumenata oglašavanja jesu pokretne slike i animacija u vidu reklama, no na njih su naviknuti u poznatim i ustaljenim okruženjima bilo da se to događa u njihovim dnevnim boravcima ili na nekim drugim, ali uvijek srodnim medijima i prostorima. Upravo 4D projekcijsko mapiranje nudi mogućnost implementacije svih elemenata grafike (u pravilu pokretne) u bilo koji okoliš i na bilo koji predmet. (slika 32)



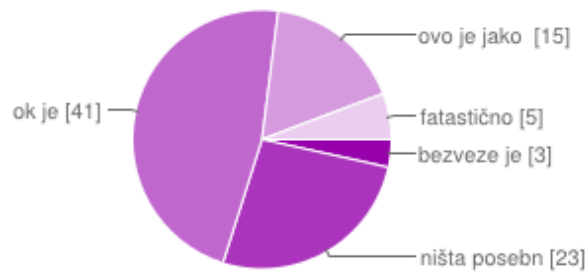
Slika 32. Prikaz dojma koji ostavlja prikazan video 4D projekcijskog mapiranja

Analogno tome, na procjenu dojma postavljen je tiskani oglas kao najrasprostranjeniji i najspecifičniji način oglašavanja putem konvencionalnih grafičkih medija (slika 33).



Slika 33. Tiskani oglas Samsungove kampanje promocije 3D televizora

U ovom slučaju odgovori ispitanika na pitanja jednaka kao u prethodnom pitanju bili su sljedeći (slika 34):

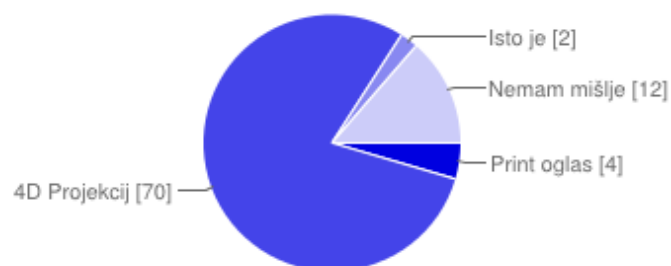


Slika 34. Prikaz dojma koji je tiskani oglas ostavio na sudionike

Opći dojam tiskanog oglasa gravitira oko centralnog neutralnog dojma iz razloga što su standardni načini oglašavanja već duže vrijeme uvriježeni i utisnuti u svijesti potrošača te je teško samim vizualom zadiviti. Tako je 47% sudionika odabralo odgovor "ok je" što označava niti posebno divljenje niti posebno razočaranje. 26% sudionika odabralo je odgovor "ništa posebno", njih 3% čak smatra oglas bezveznim. Vršni pozitivni dojam pripada odgovoru "fantastično" kojeg je odabralo 6% sudionika dok 17% smatra da je oglas "jako dobar".

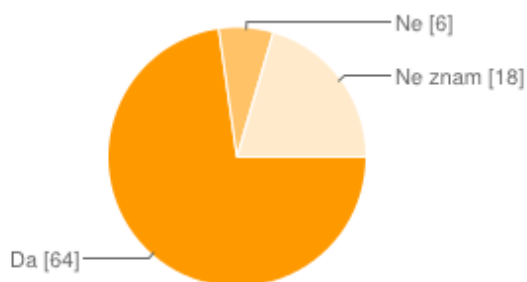
Nakon uvida u dva predočena načina oglašavanja ispitanicima je postavljeno da procijene koji od njih daje snažniji utisak na potrošače. Čak 80 % ispitanika odabralo je 4D projekcijsko mapiranje kao tip oglašavanja koji snažnije komunicira, pa čak i do razine da zadivljuje. Njih 5% vidi tiskani oglas kao udarniji način oglašavanja, njih 2% smatra tiskani oglas i 4D projekcijsko mapiranje jednakima po snazi, dok 14% ispitanika nema mišljenje o postavljenom pitanju.

Sljedeće pitanje traži od ispitanika obrazloženje prethodnog odgovora. Obrazloženja su u velikoj većini orijentirana ka pozitivnom i jedinstvenom dojmu koji projekcijsko mapiranje na potrošače ostavlja (slika 35).



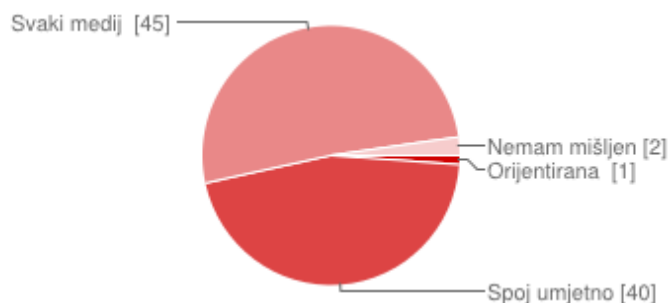
Slika 35. Prikaz obrazloženja dojma koji ostavlja priloženi tiskani oglas u odnosu na 4D projekcijsko mapiranje

Sljedeće pitanje zahtjeva od sudionika odgovor bi li za plasiranje svog proizvoda ili usluge koristio projekcijsko mapiranje, podrazumijevajući naravno novčanu situaciju i mogućnost da si takvo što priušti. Pozitivno je odgovorilo 73% sudionika. U ovom se trenutku može napraviti korelacija s prethodnom postavljenim pitanjem u kojem 52% sudionika istraživanja nije uopće bilo upoznato s pojmom projekcijsko mapiranje. Negativno je odgovorilo 7% sudionika dok je 20% njih neutralno u mišljenju (slika 36).



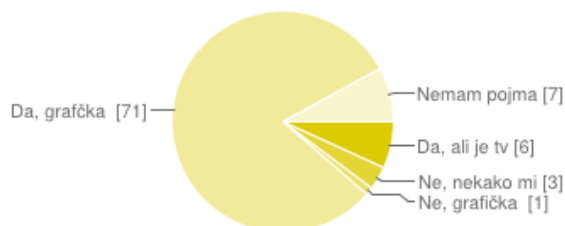
Slika 36. Prikaz mogućeg odabira sudionika 4D projekcijskog mapiranja kao sastavnog dijela kampanje koju bi vodili u plasiranju svog mogućeg proizvoda ili usluge

Nakon fokusa na upoznavanje sudionika istraživanja s projekcijskim mapiranjem dolazi se do ključnog dijela istraživanja u kojem će se vidjeti preferencije ispitanika o pozicioniranju 4D projekcijskom mapiranju unutar grafičke tehnologije. Samo 1% sudionika tvrdi kako je grafička struka orijentirana isključivo na tisak, a 2% o ovoj temi nema mišljenje. 45% sudionika smatra 4D projekcijsko mapiranje smatra multimedijalno orijentiranim spojem umjetnosti i tehnologije, a njih 51% smatra da grafička struka obuhvaća svaki medij koji reproducira grafiku, bilo tisak, video ili 3D (slika 37).



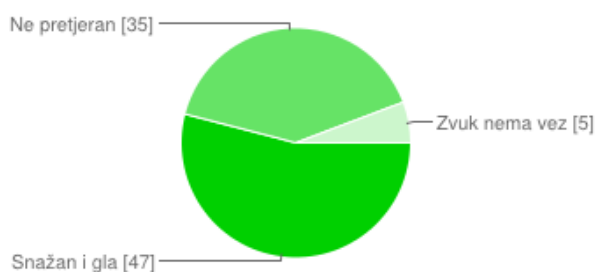
Slika 37. Prikaz percepcije grafičke struke u odnosu na pojam multimedij

Sljedeće pitanje je ključno za shvaćanje i percepciju grafičke tehnologije. Postavljeno je pitanje smatraju li sudionici 4D mapiranjem kao dijelom grafičke struke. Čak 81% sudionika smatra grafičku struku kao struku koja djeluje u širokom spektru te smatra multimediju kao dio grafičke tehnologije. 7% sudionika također tako smatra, ali isto tako tvrdnju smatraju "nategnutom". Svega 4% sudionika tvrdi kako je povezanost neosnovana dok se 8% sudionika nije moglo izjasniti (slika 38).



Slika 38. Prikaz pozicioniranja 4D projekcijskog mapiranja u područje grafičke struke

Pred kraj istraživanja postavljeno je pitanje o relevantnosti zvuka s doživljajem projekcije. U ovom slučaju 54% sudionika smatra je potreban snažan i glasan zvuk kako bi se dobio pravi dojam. 40% sudionika smatra da zvuk treba biti umjerene glasnoće i ne pretjerano glasan dok ipak 6% ukupnog broj sudionika smatra da zvuk nema veze s doživljajem projekcije (slika 39).



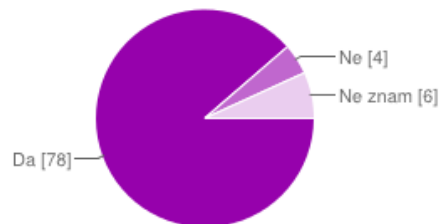
Slika 39. Prikaz pozicioniranja 4D projekcijskog mapiranja u područje grafičke struke

Sudionicima istraživanja je kao predzadnje pitanje postavljeno komentiranje još jedne snimke projekcijskog mapiranja. To je mapiranje organizirala Nokia u svrhu promocije svog Lumia pametnog telefona (slika 40). Neki su sudionici komentirali Nokijino mapiranje kao prekičasto za njihov ukus za razliku od Samsungovog *mappinga*. No nedvojbeno je za reći kako je velik broj odgovora u sebi sadržavao riječi "Originalno, inovativno, efektno, zanimljivo."



Slika 40. Prikaz glavnih dijelova prikazanog videa

Kako je projekcijsko mapiranje optička iluzija od sudionika je traženo da se izjasne po pitanju preferencija o optičkim iluzijama (slika 41). Njih 89% odgovorilo da voli optičke iluzija, 5% nije bilo oduševljeno, a 7% se nije moglo odlučiti.



Slika 41. Prikaz preferencija sudionika prema optičkim iluzijama

5. Zaključci

Na temelju prikupljenih podataka vezanih uz projekcijsko mapiranje i provedenog anketnog istraživanja može se zaključiti da je 4D projekcijsko mapiranje zapravo pridodani dio suvremenih tehnologija vezanih uz grafičku struku. Njegova pozicija zasigurno nije smještena u konvencionalnu grafičku tehnologiju, već u noviji dio multimedijских tehnologija. Ovaj zaključak ne isključuje promjenu tradicionalne tehnologija vezanih uz grafičku struku, već naprotiv njeno širenje u suvremene sfere prenošenja vizualnih informacija i u tome smislu vizualne komunikacije s tržištem za što je oduvijek imala ulogu.

Ono što je poanta 4D projekcijskog mapiranja potvrđena je ovim radom. 4D projekcijsko mapiranje je dinamično i "udarnog" je karaktera i time veže promatrača za konkretan događaj i uvodi ga u priču koja stoji iza samog reklamiranog proizvoda. Takav pristup zasigurno osigurava ostavljanje boljeg utiska na potrošače, njihovo zadržavanje u smislu daljnjeg korištenja proizvoda ili usluge, te dovođenje većeg broja novih.

Konvencionalni način oglašavanja, što se tiče oglašavanja putem tiskanih materijala, traži od korisnika ulaganje vremena za razumijevanje poruke kojeg često moderni potrošač nema. Zatran u često svakidašnjim rutinama, bombardiran sa svih strana statičnim porukama moderni potrošač traži nove i zanimljivije informacije koje će ga impresionirati.

U svakom slučaju valja spomenuti sinergiju konvencionalnog i modernog načina oglašavanja i privlačenja potrošača. 4D projekcijsko mapiranje odvija se u krajnjem trenutku izbacivanja određenog proizvoda na tržište dok je prethodna kampanja prožeta tiskanim, televizijskim i web oglašavanjem. Tako 4D projekcijsko mapiranje ne može još za sada egzistirati samo po sebi jer je vezano za jednu egzaktnu lokaciju i egzaktno vrijeme u kojem djeluje.

Gledajući sadašnjost u kojem 4D projekcije uzimaju maha može se zasigurno reći da će kretanjem prema budućnosti zauzeti mjesto kao standardan način oglašavanja, koristeći nadolazeće tehnologije i prezentirati proizvode i usluge na drugačiji način, otvarajući vrata novim načinima prezentacije proizvoda kroz za sada nepoznatim rješenjima, dižući kreativnost i kompetitivnost, te razvoj tehnologije uvijek na višu razinu.

6. Literatura

1. *** <http://www.projection-mapping.org/index.php/intro/160-the-history-of-projection-mapping>, *The Illustrated History of Projection Mapping*, 15. srpnja 2013.
2. *** <http://www.naimark.net/projects/displacements.html>, *Displacements project*, 15. srpnja 2013.
3. Raskar, R. (1998). *The office of the future: A unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays*, ACM, Orlando (Florida),
4. VJam Collective (2011). *VJam Theory: Collective Writings on Realtime Visual Performance*, Realtime books
5. Tobler. W. R. (2010.) *The Geometry of Mental Maps*, dostupno na: http://www.dpi.inpe.br/sil/CST310/cst310_2010/Aula12_TOBLER/refs/Tobler/Tobler_Geometry_of_Mental_Maps.pdf, 20. srpnja 2013.
6. Hawthorne, J. Prof (2008). *Three-Dimensionalism vs Four-Dimensionalism*, dostupno na: http://www.philosophy.ox.ac.uk/__data/assets/pdf_file/0011/1154/3D_vs_4D.pdf, 10. kolovoza 2013.
7. Civ, T. (2011). *How to make a holodeck*, Lulu
8. *** <http://www.anamorphosis.com/what-is.html>, *What is Anamorphosis*, 17. kolovoza 2013.
9. Žižek, S. (2006). *The Parallax View*, dostupno na: <http://www.control-z.com/storage/Zizek-The%20Parallax%20View.pdf>, 8. kolovoza. 2013.
10. Munhall K. G., Gribble P., Sacco L., Ward M. (1996). *Temporal constraints on the McGurk effect*, Ontario, Canada
11. Matsukura, H., Yoneda, T., Ishida, H. (2012). *Smelling screen: Technique to present a virtual odor source at an arbitrary position on a screen*, *Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW) 127 - 128*, ISBN: 978-1-4673-1247-9, 4-8 Ožujka 2012., Costa Mesa, Kalifornija
12. *** http://www.ansi.org/about_ansi/introduction/history.aspx?menuid=1 - *ANSI:Historical Overview*, 13. kolovoza. 2013.
13. *** <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2367278,00.asp> - *How we test projector brightness*, 14. kolovoza 2013.
14. *** <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-ansi-lumens-and-lumens/> - *Difference Between ANSI Lumens and Lumens*, 13. kolovoza 2013.

15. *** http://broadcastengineering.com/infrastructure/broadcasting_horizontal_resolution_pixels - *Horizontal resolution: Pixels or lines*, 17. kolovoza 2013.
16. *** <http://www.projector-guide.com/projector-guide/projector-type> - *Projector type*, 22. kolovoza. 2013.
17. *** <http://www.christiedigital.com/en-us/product-support/throw-distance-calculator/pages/default.aspx> - *Lens throw distance calculator*, 22. kolovoza. 2013.
18. *** http://www.diffen.com/difference/DVI_vs_VGA - *DVI vs VGA*, 23. kolovza 2013.
19. *** <http://www.projection-mapping.org/index.php/projectiontools/media-servers> - *Media servers*, 18. srpnja 2013.
20. *** <http://www.coolux.de/products/pandoras-box-server/> - *Pandoras box media server*, 18. srpnja 2013.
21. *** <http://www.midi.org/aboutus/aboutmma.php>, *About us*, 29. kolovoza 2013.
22. *** <http://www.madmapper.com/madmapper/features-and-concept/> - *Madmapper: features and concept*, 20. kolovza 2013.
23. *** <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-projections.html> - *Panoramic image projections*, 28. kolovza 2013.
24. *** http://www.motekentertainment.com/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=, *Mocap Mapping*, 25. kolovoza 2013.
25. Homann, J-P. (2009). *Digital Color Managment: Principles and Strategies for the Standardized Print Production*, Springer-Verlag, Berlin
26. Cybulski, K., Valentine D. (2001). *Computer Graphics & Animation*, dostupno na: <http://cs.wellesley.edu/~cs110/lectures/M01-color/graphics.pdf>, 23. kolovoza 2013.
27. Furht, B. (2008). *Encyclopedia of Multimedia*, Springer Science+Buisness Media, LLC, New York
28. *** http://www.integratedvisions.net/Case_Brooklyn%20Mapping.html - *Case Study:Brooklyn Guerilla Mapping*, 25. kolovoza 2013.