

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ZAVOD ZA ELEKTRONIČKE SUSTAVE I OBRADU INFORMACIJA
PODATKOVNI VIŠEMEDIJSKI PRIJENOS I RAČUNALNE MREŽE**

3D Display-i

Franjo
Tonković
0036371303

SADRŽAJ:

1. Uvod :Zašto 3D display-i	2
2. Stvaranje slike u čovjekovom vizualnom sustavu	3
2.1. Osnovni stereoskopski principi	3
3. Auto-stereoskopski displayi	5
3.1.Princip rada	6
4. Volumni display-i	9
4.1. Povijesni razvoj	9
4.2. Perspecta display	10
4.3. Tehničke karakteristike	12
5. Usporedba	13
6. Zaključak	13
7. Literatura:	14

1. Uvod: Zašto 3D display?

Svijet koji nas okružuje je trodimenzionalan. Kompjuteri pak koji nas okružuju, svoje podatke prikazuju pomoću 2D monitora. Za mnoge primjene je to zadovoljavajuće, ali pošto je čovjek okružen 3D svijetom neke stvari mu je puno intuitivnije shvatiti i interpretirati kada su prikazane trodimenzionalno.

Vrijednost 3D displaya je u tome što omogućava vrlo brzu i jednostavnu transformaciju kompjuterski usmjerene informacije u informaciju okrenutu prema čovjeku. Današnji kompjuteri su vrlo moćni u generiranju i manipuliranju 3D informacijama. Ljudski vizualni sistem je također vrlo sposoban pamtit i 3D slike i pretvarati ih u korisno znanje. Konvencionalni 2D monitori su vrlo neefikasni u prikazivanju 3D informacija. 3D informacija se ustvari mora odbaciti da bi se dobila 2D slika. Rezultat je smanjenje razumljivosti 3D informacije za promatrača i stvaranje neefikasnosti i kašnjenja u interpretaciji, te u najgorem slučaju i pogrešno interpretiranje prikazane informacije.

Postoji mnogo područja gdje mogućnost prikaza i vizualizacije 3D slika mogu donijeti mnogo koristi. Mnogo je primjera u raznim profesionalnim domenama počevši od kompjuterskog dizajna, medicinskih slika, znanstvene vizualizacije, edukacije. Također postoji i veliko tržište 3D igara i multimedije u širokoj potrošnji.

Mnogo koristi se može ostvariti i u visoko naprednim istraživanjima:
"Vizualizacija kompleksnih podataka je važan korak u mnogo naših programa ovdje u NASA-i. ... Pošto sistem nudi tako mnogo različitih pogleda na podatke, mi vjerujemo da postoji mnogo aplikacija koje će postati očigledne kada se dobro upoznamo sa tehnologijom"

znanstvenik istraživač dr. David Kao

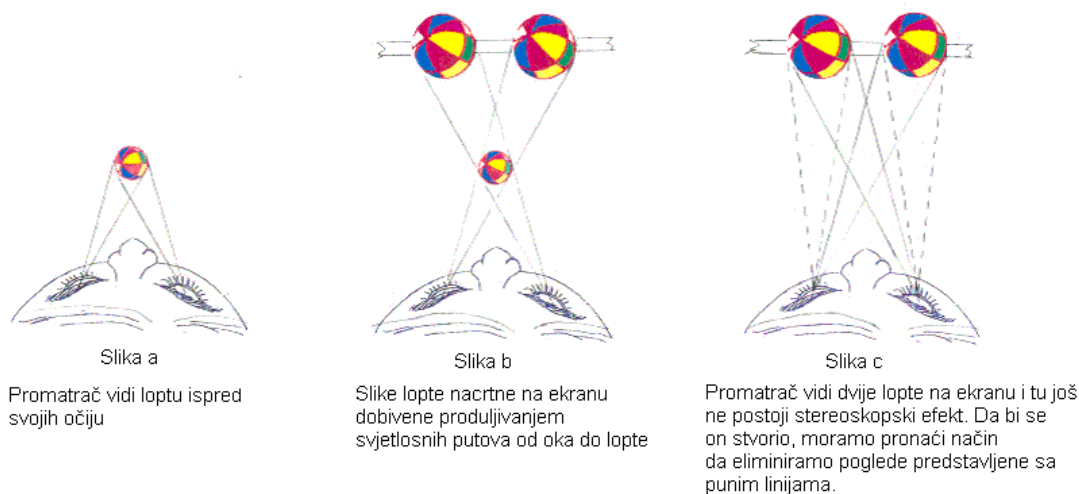
2. Stvaranje 3D slike u čovjekovom vizualnom sustavu

Da bismo uvjerali naš mozak da je ono što gledamo poput stvarnog svijeta, a ne samo ravni ekran moramo iskoristiti naš osjet za dubinu. Tu mogućnost da vidimo treću dimenziju imamo zbog toga što su nam oči malo razmaknute (u prosjeku 75 mm) i zbog toga vidimo lagano različite slike lijevim i desnim okom iz kojih mi procjenjujemo udaljenosti. Mozak te dvije slike spaja u jednu i u isto vrijeme uočava razlike te njih interpretira kao treću dimenziju.

Jednostavan način za razumijevanje ovog principa je ako držimo olovku blizu licu i fokusiramo se na nju. Dok vidimo samo jednu olovku, objekti u pozadini se vide po dva puta. Ako je na primjer lampa u pozadini iza olovke, vidjet ćemo ju perifernim vidom. Ako se pak fokusiramo na lampu, vidjet ćemo pred sobom dvije olovke.

Kada pak gledamo fotografije, mi interpretiramo dubinu na niz drugih načina, ali nijedan nije toliko dobar kao gore navedeni, stoga se lako možemo zavarati. Na primjer, ako postavimo kutiju šibica pokraj bonsai drveta, to bi zavaralo promatrača i on bi mogao pomisliti da gleda puno veću kutiju. Mi o takvim stvarima donosimo odluku ponajviše iz iskustva, a pošto je drveće obično veliko, to bi navelo promatrača da pomisli da gleda i u veliku kutiju.

2.1. Osnovni stereoskopski principi



Slika 1. Objašnjenje osnovnih principa 3D displaya

Slika 1a prikazuje što vide promatračevo lijevo i desno oko, kada gledaju loptu ispred sebe. Lijevo oko vidi loptu sebi s desna, dok desno oko istu loptu vidi sebi s lijeva. Naš mozak procjenjuje udaljenost od lopte na temelju tih informacija. Slika 1b je pokušaj zavaravanja mozga. Dvije slike lopte su nacrtane na ekranu postavljenom iza lopte i to tako da su produljene linije od oka prema lopti sve do ekrana. Što se tiče

svjetlosnog puta između centralne točke križanja i oba oka, to je isti svjetlosni put koji bi nastao zbog stvarne lopte.

Da li ove dvije slike na ekranu stvaraju kod promatrača iluziju da lopta uistinu postoji na ekranu? Odgovor je "NE"!! Razlog je u tome što svako oko vidi obje slike lopte na ekranu (putovi iscrtani punom linijom i iscrtkanom linijom na slici 1c.). Ako želimo stvoriti iluziju moramo naći način da osiguramo da svako oko vidi samo jednu sliku lopte, koja je na slici 1c označena putovima iscrtanim punom linijom. Drugim riječima, ako mi eliminiramo sliku koja odgovara putovima iscrtanim iscrtkanim linijama na slici 1c, svjetlosni putovi na slici 1c će postati identični svjetlosnim putovima prikazanim na slici 1b i biti će stvorena iluzija da lopta postoji izvan ekrana.

Jedan od načina da se to postigne je korištenje polariziranog svjetla. Manipulacija polariziranim svjetlom omogućava da svako oko vidi odgovarajuću sliku, a to je slika koja odgovara putovima iscrtanim punom linijom. Slične metode su se koristile za stvaranje prvih 3D iluzija u 60-tim godinama u kinima širom svijeta. To je značilo da su se projicirale dvije malo različite slike s time da su imale različite polarizacije. Da su se takvi filmovi mogli gledati, gledatelji su morali imati posebne naočale. No, nije cijeli film bio tako snimljen već samo pojedine scene, pa su gledatelji u određenim trenucima morali stavljati, pa onda opet skidati naočale. Svrha tih naočala je bila da one na pojedino oko propuste samo jednu sliku i to onu čija je polarizacija odgovarala polarizaciji naočala za to oko. Kako takva iluzija nije bila baš preuspješna, a niti prepraktična ubrzo se odustalo od snimanja takvih filmova.

3. Auto-stereoskopski displayi

Kod prodora svake nove tehnologije na tržište, najteži su počeci. Uvijek su prvi modeli nekog novog uređaja ti koji pokazuju put razvoja tehnologije, ali oni većinom nisu posve usavršeni i ono za što su namijenjeni ne rade baš najbolje. Tako je i sa 3D auto-stereoskopskim displayima. Prvo su proizvođači proizvodili 3D displaye koji su mogli prikazivati samo "3D slike". Kako to ipak nisu radili baš najbolje prodor na tržište im je bio neuspješan. Prvi takvi uređaji su bili proizvedeni 1994.

Zbog toga su se proizvođači odlučili kombinirati 2D i 3D displaye. Oni u potpunosti omogućavaju korištenje kao i kod svakog drugog 2D displaya, ali ih je moguće prebaciti i u 3D mod rada. Time korisnik dobiva posve funkcionalan uređaj, koji ponekad može koristiti i za specifičnu namjenu 3D prikaza. Prvi takvi uređaji su proizvedeni 1997. i od onda se kontinuirano usavršavaju.

2001. Sharp je takve displaye počeo ugrađivati u mobitele i laptose namijenjene širokoj potrošnji.



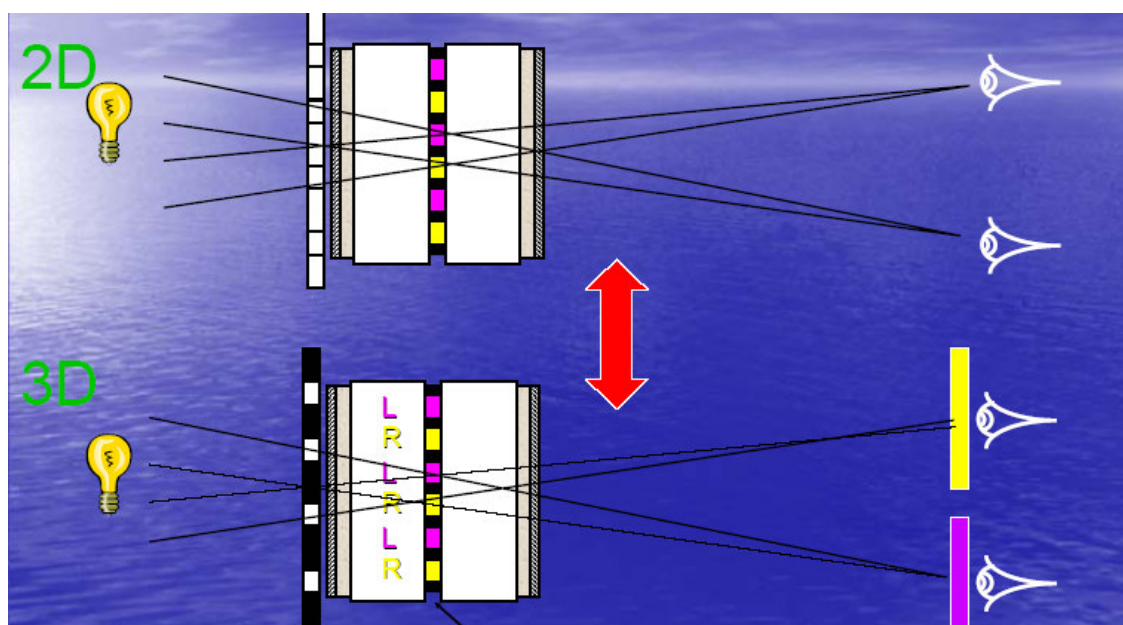
Slika 2. Sharp 3D displayi na laptopu i mobitelu

TFT LCD-i su posebno pogodni za projektiranje, a kasnije i proizvodnju 3D displaya jer nude kombinaciju odgovarajućih značajki:

- tolerancija položaja pixela bolja od 0.1 um/pixel
- visoka stabilnost položaja pixela
- veliki raspon boja
- kut gledanja do 140°
- kontrast ~300:1
- brzina ~5-30ms

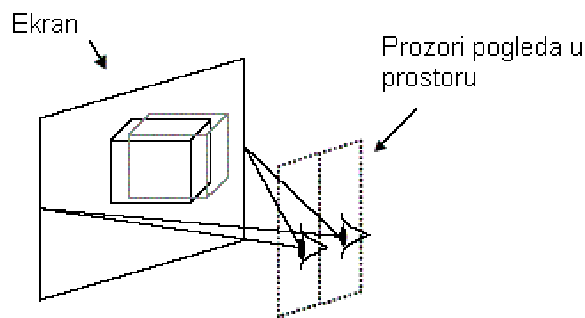
3.1. Princip rada

Osnovni princip rada autostereoskopskih displaya se temelji na paralaks barijeri.



Slika 3. Skica autostereoskopskog displaya

Razrezi na paralaks barijeri predstavljaju izvorišni otvor pozadinskog osvjetljenja, a LCD pixeli predstavljaju prednje otvore. Paralaks barijera naizmjenice sadržava propusne i nepropusne stupce koji su poravnati sa stupcima LCD pixela. Propusni stupci propuštaju svjetlo i to tako da se u prostoru ispred displaya stvaraju dva *prozora pogleda*. U njima se vide dvije malo različite slike. Kada promatrač postavi desno oko u desni *prozor pogleda* on vidi jednu 2D sliku, a ako mu je istovremeno lijevo oko u lijevom *prozoru pogleda* on njime vidi drugu 2D sliku. Kako svako oko vidi malo drugačiju sliku time se stvara iluzija 3D pogleda.



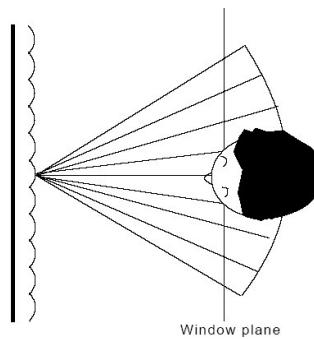
Slika 4. Prozori pogleda u protoru

Kako bismo mogli 2D/3D display prebacivati iz jednog u drugi mod rada potrebno je moći neutralizirati utjecaj paralaks barijere. To se može izvesti na dva načina.

Prvi je da korisnik doda ili makne paralaks barijeru fizički iz ekrana i time izvrši prebacivanje iz 2D u 3D mod rada i obrnuto. Tehnički je to dodavanje moguće izvesti sa zadovoljavajućim granicama tolerancije postavljanja barijere, ali se je pokazalo da je to korisnicima obično prekomplikirano, a uz to je i dosta skupo, pa se odustalo do takvog načina prebacivanja iz jednog u drugi mod rada.

Drugi način koji su proizvođači uspjeli u zadnje vrijeme realizirati, je jednostavno gašenje utjecaja paralaks barijere elektroničkim putem. Barijera se sastoji od 'razreza' i 'nerazreza' koji modificiraju polarizaciju izlaznog vektora. U 2D modu rada promatrač vidi direktno izlaz iz barijere. Kako ljudski vizualni sustav nije osjetljiv na polarizaciju, jednak izlaz se vidi iz područja 'razreza' i područja bez 'razreza'. Time je zadržana puna rezolucija i svjetlina slike. Za rada u 3D modu funkcija barijere je da propušta svjetlo iz područja 'razreza' te da zaustavlja svjetlo iz područja 'nezareza'.

Ovakvi displayi sa *prozorima pogleda* stvaraju niz lijevih i desnih prozora koji se ponavljaju. Ti prozori su prosječno dimenzija 60-65mm. Iz toga se može zaključiti da bi promatrač mogao gledati neispravnu sliku, ako bi njegovo lijevo oko bilo u desnom *prozoru pogleda*, a desno oko u lijevom *prozoru pogleda*.



Slika 5. Prikaz *prozora pogleda* koji se ponavlja

Zato u nekim displayima postoji indikator koji korisniku pomaže da se pozicionira tako da bi vidio predviđenu, najkvalitetniju sliku. Kada promatrač zauzima odgovarajuću poziciju (lijevo oko u lijevom *prozoru pogleda*, desno u desnom) on tada vidi cijeli indikator crne boje. Kada promatrač prijeđe u neželjenu poziciju (lijevo oko u desnom prozoru, a desno oko u lijevom prozoru) jedno oko počinje polovicu indikatora vidjeti u crvenoj boji. Iako samo jedno oko vidi crveni indikator, nakon što mozak slike iz oba oka pomiješa u jednu promatraču se cijeli indikator čini crven. Promatrač će tako svaki put kada izađe iz predviđenog područja za gledanje, vidjeti crveni indikator koji će ga na to upozoravati.

Udaljenost *prozora pogleda* od displaya se može izračunati na temelju nekoliko parametara. Važne značajke su: razmak između dva susjedna pixela, te razmak između paralaks barijere i LCD-a. 3D udaljenosti *prozora pogleda* se mogu postići da su razmjerne udaljenostima sa kojih gledamo 2D displaya.



Slika 6. Autostereoskopski 3D display

4. Volumni displayi

Volumni displayi su skup trodimenzionalnih sustava za prikaz koji proizvode sliku koja zauzima prostor. Jedna od ponuđenih definicija koju je ponudio Barry

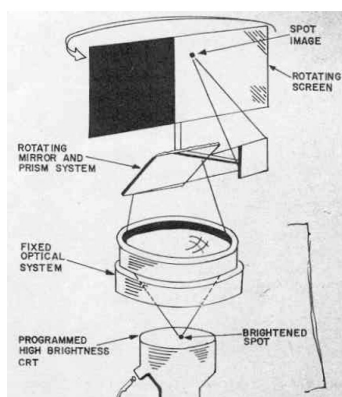
Blundell glasi:

"Volumni displayi omogućavaju generiranje, apsorpciju ili raspršenje vidljivog zračenja iz seta lokaliziranih i specifičnih područja unutar fizičkog volumena."

Definicija bi se možda trebala proširiti i uključiti holografske video sisteme. Jednostavno rečeno, volumni displayi stvaraju sliku koja lebdi u prostoru. Tipično slika je vidljiva iz široko spektra kutova. I što je najbolje, za gledanje takvih slika obično nisu potrebne nikakve naočale.

4.1. Povijesni razvoj

Današnji autori najčešće izabiru metodu koja osigurava visoko-rezolutne slike s jednostavnom mehaničkom konstrukcijom uz razuman trošak. Rješenja su inspirirana sustavom ITT Laboratorija iz 1960. Grupa je koristila CRT da bi stvorila jednostavne dvodimenzionalne slike koje su projicirane na rotirajući ekran. Sličan dizajn je osmisli Max Hirsch u patentiranoj dokumentaciji zabilježenoj 1958 – brzi CRT je projicirao slike na rotirajući ekran sa malo drugačijim rasporedom usmjerujućih ogledala. Ono što je bilo mudro kod ovog dizajna je bilo postavljenje nekoliko usmjerujućih ogledala koja su se rotirala u skladu sa ekranom, tako održavajući duljinu optičkog puta jednakom neovisno o kutu ekrana.



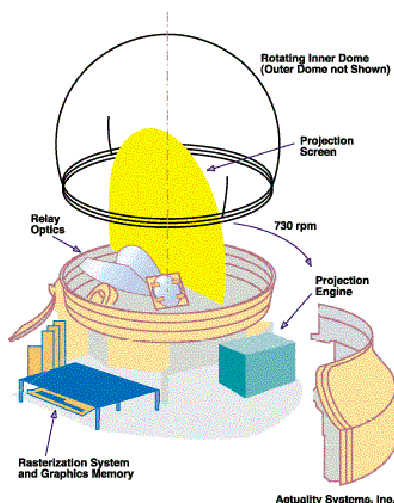
Slika 7. Prvi pokušaji izrade 3D displaya

4.2. Perspecta display

Perspecta je razvila vizualizacijsku platformu koja je kombinacija hardwarea i softwarea:

- 1) Hardware: 768x768x198 volumni display
- 2) Software: Razvoj 3D operacijskog sustava, ili možda bolje rečeno vizualizacijske platforme

Način rada se temelji na tome da je ljudski vid zbog tromosti oka u stanju integrirati nizove 2D dijelova – organiziranih kao kriške jabuke oko njezine jezgre – u 3D volumnu sliku. Kao što se vidi na slici 9, vrlo brzi 2D projektor projicira vremenski niz od otprilike 5000 slika po sekundi na projekcijski ekran koji rotira brzinom od 730 rpm. Grupa od tri ogledala prenose sliku na rotacijski ekran tako da osiguravaju točan fokus neovisno o kutu ekrana. Time se omogućava da se niz 2D slika projicira na ekran pomoću stacionarnog projektora.



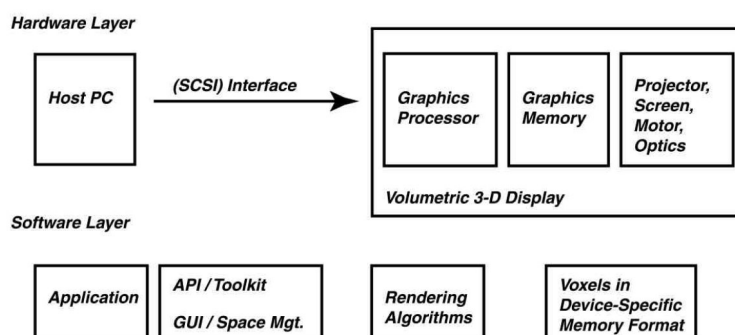
Slika 9. Shema 3D displaya, Perspecta

Svaki 2D dio je presjek 3D podatkovnog seta kao što je ranije objašnjeno. Kao što je intenzivno izvještavano u posljednjih 40 godina, ako je niz dijelova projiciran vrlo brzo, 3D slika će biti percipirana kao da lebdi u području prikaza. Suprotno autostereoskopskim displayima slika se može vidjeti sa bilo koje kontinuirane lokacije oko displaya bez ograničenja na određene točke promatranja. Razlog tome je to što projektor projicira na ekran presjeke podatkovnog seta, a ne *snapshots-e* kao što je uobičajeno u 2D displayima. Svaki voxel emitira svjetlo u svim smjerovima i zbog toga se slike čine prozirnim, a uklanjanje skrivenih površina nije moguće bez poznavanja položaja promatrača.

Perspectin volumni display se temelji na Texas Instrumentovom vrlo brzom, vrlo kontrastnom projektoru. Koriste se tri takva projektora, koja koriste prizmu za

miješanje boja da kombiniraju crvenu, zelenu i plavu komponentu slike. Za svaku komponentu se koristi samo po jedan bit.

Software omogućava da se cijeli sustav jednostavno integrira u postojeće aplikacije. Softwareska platforma uključuje Mesa-u, *open-source* grafički *library* sličan OpenGL-u. Jednostavno rečeno on omogućuje korisnicima da imaju poznato programersko sučelje, a i da display funkcioniра u stvarnom vremenu.



Slika 8. Shema spajanja 3D displaya na PC

PC domaćin šalje 3D podatke grafičkom procesoru ugrađenom u sustav. On skenira i konvertira tipične 3D podatke u koordinatni sustav uređaja. Ovdje opisani 3D display koristi cilindrični koordinatni sustav i zbog toga je nemoguće primijeniti standardne konverzijske algoritme. Autori su razvili niz odgovarajućih algoritama koji konvertiraju linije i trokute u cilindrični koordinatni sustav.

Nakon što se željeni podaci konvertiraju, spremaju se u grafičku memoriju koja iznosi 3Gbita. Ovaj sistem može podržati i veće rezolucije od onih koje se sad koriste, ali je to zasada najveća brzina projektorа. Podaci iz grafičke memorije se prenose projektoru $(24 \text{ puta u sekundi}) \times (1024 \times 768 \text{ pixela/prikazu}) \times (3 \text{ bita/pixelu}) \times (198 \text{ prikaza}/360^0) = 1.4 \text{ Gbytes/sec}$. Puni opseg od 1024×768 pixela se prenosi u projektor iako se prikazuje samo centralnih 768×768 .



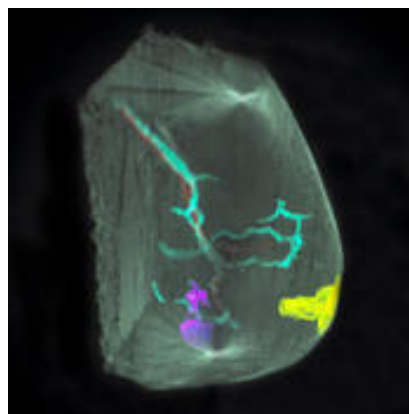
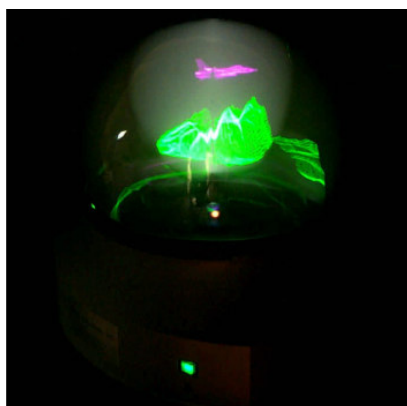
Slika 10. Prvi Perspectin 3D display

4.3. Tehničke karakteristike

Slika Veličina Boje Mirna slika Trepereća Rezolucija odsječaka volumena po odsječku Volumno osvježavanje Kut gledanja	Min 10" 8 boja (3 bita) 2 milijuna (21 bit) 198 768×768 24 Hz 360 ⁰ horizontalno, 270 ⁰ vertikalno
Memorija CPU RAM CPU ROM Grafička memorija	16 MB, 100MHz SDRAM 4 MB 3Gbit, 66MHz DDR SDRAM
Projekcijska lampa Snaga Trajnost	150 W 1000 sati
Fizičke dimenzije	24" promjer, 21" visina

Nekoliko napomena uz tablicu:

Pošto je ovo poprilično novo područje, još ne postoje posve standardizirani načini i norme za izražavanje svih karakteristika. Tako na primjer neki istraživači dimenzije izražavaju volumenom koji display zauzima u prostoru. Ovaj navedeni display tako ima dimenziju od 113 inch³ ili 2917 cm³.



Slika.11. Primjeri vizualizacije pomoću volumnog 3D displaya

5. Usporedba

Postojanje novih 3D displaya zahtjeva sistematsko istraživanje ljudskih sposobnosti u nizu područja i zadataka u kojima se oni počinju koristiti kako bi se dobila ocjena njihove stvarne vrijednosti u odnosu na klasične 2D displaye. Potrebno je usporediti točnost i brzinu interpretiranja podataka sa 2D displaya, 3D autostereoskopskih te 3D volumnih displaya.

Provedeno je nekoliko istraživanja sa kontrolorima leta. Oni su vrlo pogodni za istraživanja zbog toga što njihov posao uključuje razvrstavanje prometa po x, y i z dimenziji. Slične zadatke imaju i vojni kontrolori leta, s time da značajke o visini nepoznatog aviona na 100 km udaljenosti koji se približava prijateljskim snagama baš i nisu korisne. Ako pak kontrolor želi vidjeti promjenu visine kroz neko vrijeme, to se lako može prikazati i na 2D displayima tako da nema potrebe vršiti obradu takvih podatak na 3D displayima. U zračnim kontrolama 3D display može biti koristan za otklanjanje nedoumica prilikom manevriranja više aviona na nekom užem području oko piste. U slučajevima kada treba otkloniti mogućnost sudara kontrolori sa 3D displayima su davali puno točnije informacije u puno kraćem vremenu.

Studije su pokazale da u svima osim jednom zadatku, performanse 2D displaya su jednako dobre ako ne i bolje od 3D displaya, 3D displayi su pokazali svoje prednosti u situacijama u kojima je potrebno predviđati kompleksne odnose između većeg niza podataka. U takvim situacijama najbolje rezultate daju volumni 3D displayi, koji su znatno bolji od 2D displaya, ali i od autostereoskopskih 3D displaya. Rezultati istraživanja pokazuju mnogo koristi od prikaza podataka pomoću 3D displaya mogu imati kontrolori leta koji organiziraju putanje aviona oko pista, organizatori i planeri vojnih akcija, kirurzi prilikom planiranja invazivnih medicinskih metoda te svi ostali koji imaju problema sa vizualizacijom višedimenzionalnih setova podataka.

6. Zaključak

Kao što otkriće audio zapisa nije potisnulo tekstovne zapise i kao što video nije potisnuo audio i tekstovne zapise, tako niti 3D displayi neće posve istisnuti 2D displaye iz uporabe. Oni će i dalje ostati najpraktičniji za obradu jednostavnih podataka kako što je na primjer tekst, ali će polako gubiti primat na područjima vizualizacije složenih struktura podataka.

7. Literatura:

<http://www.actuality-systems.com>

<http://www.sharp3d.com>

<http://www.sle.sharp.co.uk/research/3d/3dbackground.htm>

<http://www.sciencedirect.com>