

Stara i nova anaglifska stereoskopska tehnika

Antonio Šiber

29. ožujak 2010. godine

Uvod

O stereoskopiji i njenoj povijesti, stereoskopskom gledanju i elementarnom opisu osnovnih tehnika koje se koriste u stereoskopskom prikazu slike i filma pisao sam u članku [1]. Cilj ovog članka je detaljnije opisati tehniku anaglifa za stereoskopski prikaz i unapređenja ove tehnike koja su se pojavila relativno nedavno, a javnosti su najpoznatija pod imenom komercijalne marke Dolby 3D.

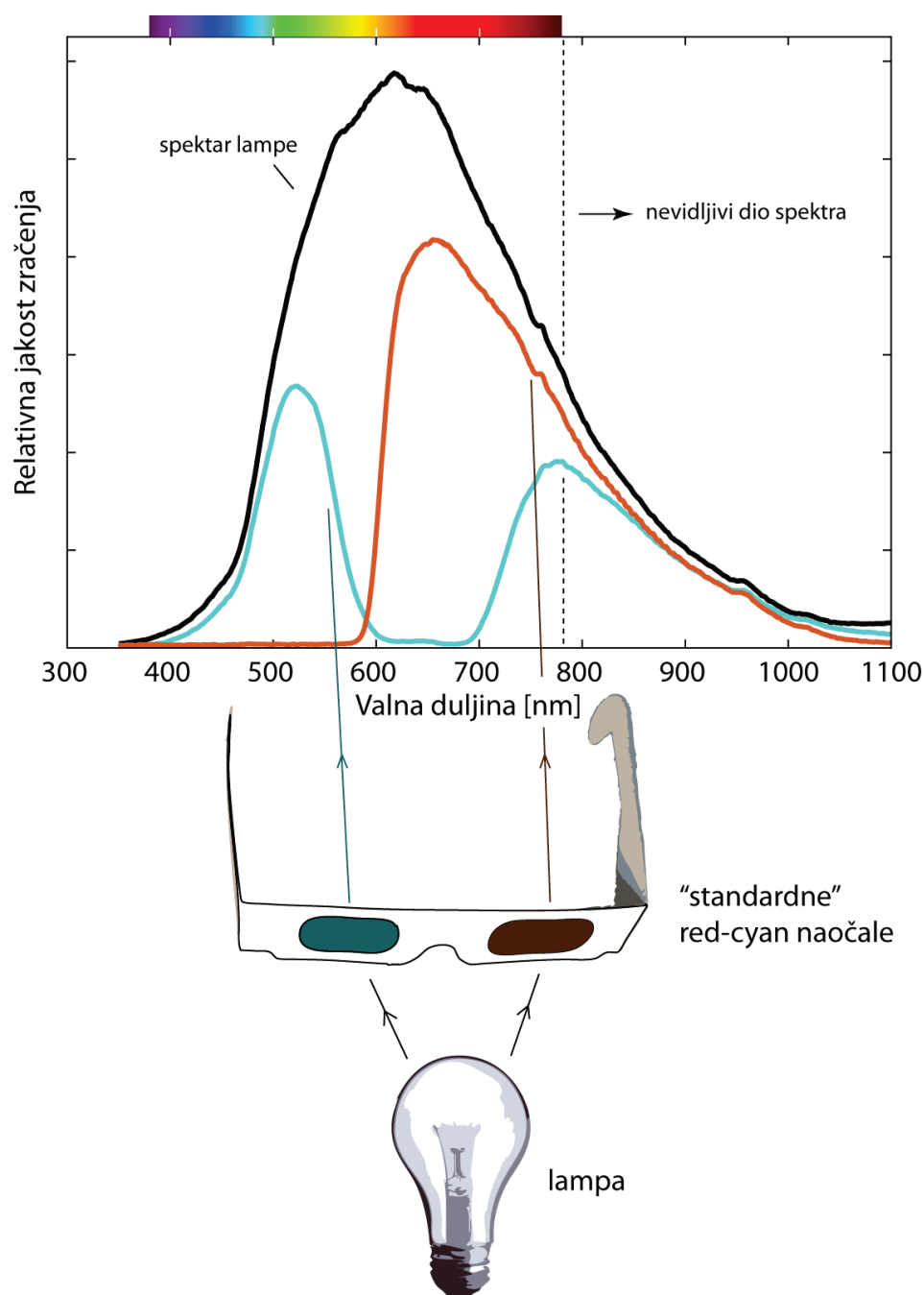
Osnovna ideja anaglifske tehnike

Za prikaz stereoskopske informacije nužno je do svakog oka dovesti po jednu vizualnu informaciju koje su međusobno različite i upravo takve da stvaraju dojam trodimenzionalnosti slike. Anaglifska tehnika koristi separaciju slike po boji. U osnovi, kroz obojene filtere na svakom od očiju propušta se samo jedan dio spektra vizualne informacije, tako da „crveni“ dio spektra [2] tipično prolazi kroz lijevo oko, a „plavo-zeleni“ (cyan) kroz desno.

„Stari“ anaglif i „standardne“ red-cyan (crvene – plavo-zelene) naočale

Da je to tako, najlakše se može provjeriti analizom spektara svjetlosti koja prolazi kroz crveni i plavo-zeleni filter na uobičajenim anaglifskim naočalama (vidi sliku 1) [3]. Slika 1 prikazuje takvu analizu za „standardne“ red-cyan naočale [4]. I zaista, valne duljine koje su u plavo-zelenom dijelu spektra prolaze kroz desni filter, a blokirane su u lijevom, crvenom filteru. I obratno, valne duljine koje pripadaju crvenom dijelu spektra prolaze kroz lijevi/crveni filter, a blokirane su tj. ne prolaze kroz desni/plavo-zeleni filter. Lako se može opaziti da desni filter propušta mali dio spektra koji pripada crvenim valnim duljinama i to iznad 700 nm. Treba naglasiti da je oko slabo osjetljivo na te valne duljine pa je problem „curenja“ slike za lijevo oko u desno oko mali, premda očigledno postoji – ljudsko oko vidi svjetlost u intervalu od oko 390 nm do oko 750 nm što znači i da slika 1 sadrži infracrvene valne duljine (>750 nm), nevidljive ljudskom oku. Zanimljivo je također da oba filtera prilično slabo propuštaju frekvencije između 580 nm i 600 nm, stvarajući tako „rupu“ u području žutog (tj. žuti tonovi slabo prolaze i kroz lijevi i kroz desni filter).

S obzirom da su slike za lijevo i desno oko nejednake, tj. tipično izgledaju kao da su malo pomaknute u lijevo/desno smjeru, kad gledamo uobičajenu (staru) anaglifsku projekciju bez naočala rubove lijeve i desne slike vidimo obojene u crveno i plavo-zeleno.



Slika 1: Spektralna propusna karakteristika standardnih red-cyan naočala

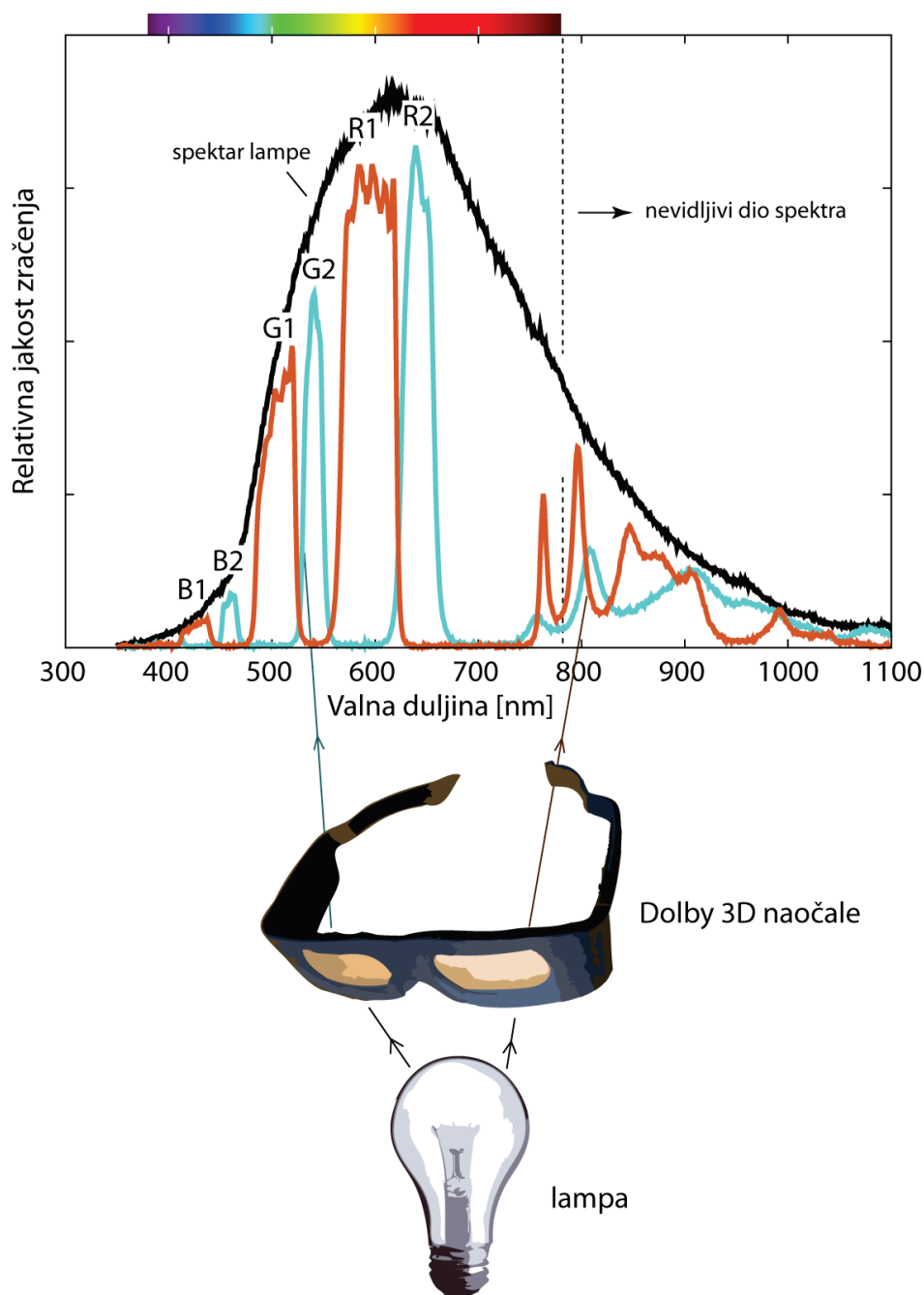
Problemi sa „starom“ anaglifskom tehnikom

Problem sa „starim“ anaglifom je da informacija o boji na neobičan način dolazi do mozga, tj. jedan dio informacije o boji prolazi kroz jedno oko, a drugi kroz drugo. Zamislimo anaglifske prikaz crvenog objekta. Očigledno je da će njegova slika u desnom oku biti posve tamna i stoga će se dojam trodimenzionalnosti izgubiti. Problemi postoje i za objekte koji su obojeni na „kompleksan“ način, tako da njihov spektar sadrži mnogo valnih duljina. Na primjer, za prijenos informacije o ljubičastim objektima potrebno je do mozga propustiti i dio plavog i dio crvenog spektra. To znači da će ljubičasti objekt u lijevom oku biti crven, a u desnom plav. Na mozgu je da „interpretira“ sliku o objektu koji dobiva kao „ljubičastu“. Naravno, dodatni problem se javlja jer slike u lijevom i desnom oku nisu iste, stoga mozak teško spaja dvije različito obojene slike i često ih ne interpretira dobro kao dio jedne,

trodimenzionalne slike. Zato je primjena „stare“ anaglifске tehnike na film ili sliku u boji prilično ograničena, premda pažljivo pripremljeni obojeni anaglifi mogu i u „starоj“ tehnici izgledati izvrsno. Zanimljivo je i da se većina problema s anaglifskom tehnikom gubi kad se prikazuje vizualna informacija u sivoj skali, što nije odmah očigledno.

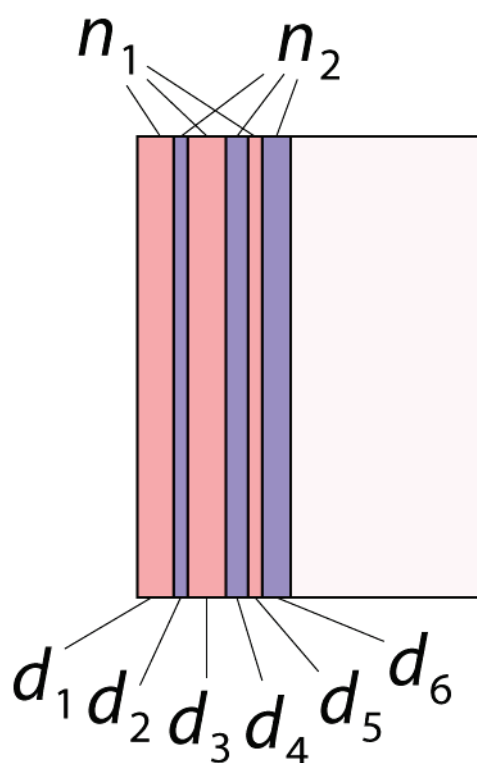
„Nova“ anaglifска tehnika, Dolby 3D

Važan nedostatak „starog“ anaglifa je da lijeva i desna slika nose, svaka zasebno, nepotpunu informaciju o boji predmeta. Nova anaglifска tehnika rješava ovaj problem na elegantan način, upotrebom kompleksnih filtera čija je propusna karakteristika prikazana na slici 2.



Slika 2: Spektralna propusna karakteristika Dolby3D naočala

Ovakva kompleksna propusna karakteristika može se dobiti nanošenjem nekoliko slojeva tankih optičkih materijala na prozirnu optičku podlogu, nosač filtera. Uporabom barem dva različita materijala (s različitim indeksima loma, n_1 i n_2) moguće je njihovim slaganjem u slojeve različitih debljina „krojiti“ propusnu karakteristiku takvih filtera (vidi sliku 3). Kroz takve „sendvič“-strukture prolazi svjetlost samo određenih valnih duljina, dok se ostatak reflektira (odbija). Proračunom debljina različitih slojeva moguće je dobiti željene propusne karakteristike (uz dovoljan broj nanešenih slojeva). Ovakvi filteri nazivaju se *interferentnim*, jer se svjetlost određenih valnih duljina u njima interferentno (valno) pojačava ili u transmisiji (valne duljine koje prolaze) ili u refleksiji (valne duljine koje se odbijaju). Radi se o valnom fenomenu pojačavanja ili gušenja određenih valnih duljina poznatom u mnogim drugim kontekstima.



Slika 3: Shema interferentnog filtera

RGB prikazi u lijevom i desnom filteru

Glavna obilježja nove propusne karakteristike su postojanje *tri* propusna maksimuma. Ta tri maksimuma su u području plavog, zelenog i crvenog (s lijeva na desno, vidi skalu boje na gornjoj x-osi na slici 2) i međusobno se ne preklapaju tako da je gotovo u potpunosti spriječeno „curenje“ lijeve slike u desno oko i obratno. Tri maksimuma i u filteru za lijevo i za desno oko predstavljaju „fiksne točke“, tj. lijeve i desne *definicije* crvenog, zelenog i plavog. Ovi maksimumi su označeni sa (R1, G1, B1) za lijevi filter i sa (R2, G2, B2) za desni filter (slika 2). No, sa ovako definiranim postavkama za crveno, zeleno i plavo, moguće je u svakom filteru u principu dobiti širok spektar boja kombinirajući intenzitete u R, G i B kanalima. Svaka boja (*boja*) u RGB shemi prikaza može se rastaviti na komponente (r, g, b) kao

$$boja = a_r r + a_g g + a_b b$$

gdje su r, g i b (standardizirane) definicije crvene, zelene i plave. U lijevom i desnom filteru vrijedi

$$boja \approx a_{r,1}r_1 + a_{g,1}g_1 + a_{b,1}b_1$$

$$boja \approx a_{r,2}r_2 + a_{g,2}g_2 + a_{b,2}b_2$$

gdje sam znak $\approx$ stavio zbog naglaska da će takav raspis dati samo približnu boju, zbog „igranja“ s referentnim bojama crvenog (r_1, r_2), zelenog (g_1, g_2) i plavog (b_1, b_2); koliko će takav zapis boje biti vjeran je teško pitanje i traži posebnu i prilično matematiziranu diskusiju).

U slučaju Dolby 3D filtera, maksimumi propusnosti za lijevi filter nalaze se na oko $R_1=600$ nm, $G_1=510$ nm i $B_1=425$ nm, a za desni, $R_2=640$ nm, $G_2=540$ nm i $B_2=460$ nm. Zbog posebne, tro-maksimumske propusne karakteristike lijevog i desnog filtera, moguće je u svakom od filtera prikazati prilično vjernu sliku u boji – radi se samo o tome da su referentne vrijednosti crvene, zelene i plave boje pomaknute za različite iznose u lijevom i desnom filteru, što automatski rješava probleme

- vjernog prikaza boje u slikama za lijevo i desno oko
- nema preklapanja slika za desno i lijevo oko, tj. nema curenja lijeve slike kroz desni filter i obratno.

Literatura

[1] A. Šiber, „Stereoskopska slika ili „Zašto imamo dva oka?““, http://asiber.ifs.hr/papers/siber_stereoskopija.pdf (2007).

[2] Sliku u boji doživljavamo kao „obojeni svjetlosni zapis“, no vizualna informacija do nas dolazi putem elektromagnetskih valova. Ti valovi imaju različite frekvencije odn. valne duljine, pa se svaka slika tj. vizualna informacija može analizirati prema sadržaju valnih duljina od kojih se sastoji. Ovakvu analizu slike nazivamo spektrom. Spektar vizualne informacije je njen rastav po valnim duljinama elektromagnetskog zračenja. Općenitije, možemo govoriti i o spektru elektromagnetskog zračenja koje nije vidljivo, ali onda o tom spektru ne razmišljamo kao o posebnom zapisu vizualne informacije.

[3] Za bolje razumijevanje slike 1, valnim duljinama (x-os) je pridružena približna boja u spektru (gornja x-os).

[4] Spektroskopske analize filtera naočala načinila je dr. sc. Ticijana Ban s Instituta za fiziku u Zagrebu.