

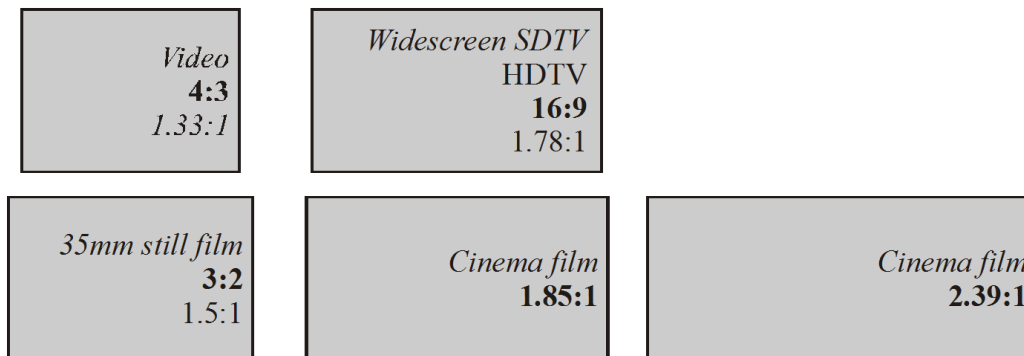
Video

12. januar 2016

Video je tehnologija elektronskog snimanja, procesiranja, memorisanja, prenosa i rekonstrukcije sekvence mirnih slika koje predstavljaju scenu u pokretu. Termin video se koristi i za medij kojim se prenosi vremenski promjenljiva vizuelna informacija. Suštinski, video se može posmatrati kao sekvenca slika. Matematički, video je moguće predstaviti prostornom i vremenskom funkcijom intenziteta, $s(x, y, t)$, gdje su x i y prostorne promjenljive (koordinate), a t vremenska promjenljiva. Video signal je jednodimenzionalni analogni ili digitalni signal kojim se prostorno-vremenska informacija prenosi kao funkcija vremena, uređena u skladu sa usvojenom konvencijom skeniranja – preslikavanja podataka iz trodimenzionalnog (prostor-vrijeme) u jednodimenzionalni (vrijeme) domen.

Počeci video-tehnologije su vezani za razvoj televizije:

- 1923 – prvi prenos TV signala
- 1936 – početak emitovanja redovnog TV programa
- 1954 – početak emitovanja TV programa u boji
- 1970/80-te – digitalna oprema za video produkciju
- 1982 – CCIR 601 (ITU-R BT.601) standard za digitalno kodovanje videa
- 1988 – ustanovljena MPEG radna grupa (MPEG i H.26x standardi)
- 1990 – ITU-R BT.709 standard za format televizije visoke definicije (HDTV)
- 1990 – RAI prenosi utakmice svjetskog prvenstva u visokoj definiciji
- 1996 – prvo javno emitovanje HDTV programa u SAD



Slika 1: Formati slike.

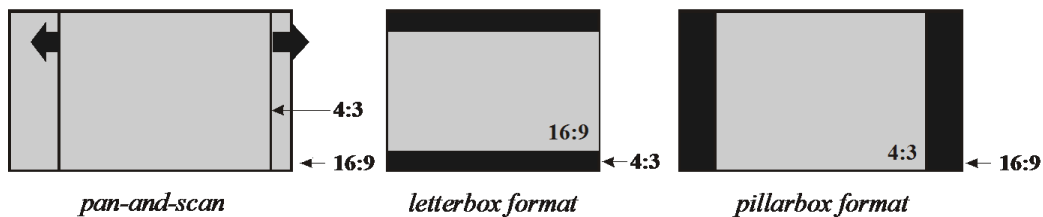
- 20xx – prestanak emitovanja analognog TV programa i prelazak na digitalni

Tokom razvoja tehnike emitovanja televizijskog programa, u svim periodima posebna pažnja je poklanjanja očuvanju kompatibilnosti unazad. Na primjer, kada je počelo emitovanje TV programa u boji, omogućeno je da crno-bijeli televizori, koji su do tada postojali, mogu da prikažu sliku koristeći samo luminansu, a informaciju o boji su odbacivali. Digitalizacija televizije je, prema tome, najradikalniji potez u istoriji tog medija, jer onemogućava korištenje postojećih uređaja za reprodukciju digitalno emitovanog programa.

Osnovne karakteristike video sistema su:

- format slike,
- broj linija po frejmu,
- frekvencija osvježavanja,
- sistem skeniranja,
- skup električnih standarda,
- računarska reprezentacija i
- kodovanje boje.

Format slike je, za krajnjeg korisnika, najočiglednija karakteristika video sistema. Format slike (eng. aspect ratio) se definiše kao odnos širine i visine slike. Neki karakteristični formati slike su prikazani na Slici 1. Televizija standardne definicije (SDTV) koristi format slike 4:3, dok televizija visoke definicije (HDTV) koristi format slike 16:9.



Slika 2: Prilagođenje formata slike veličini ekrana.

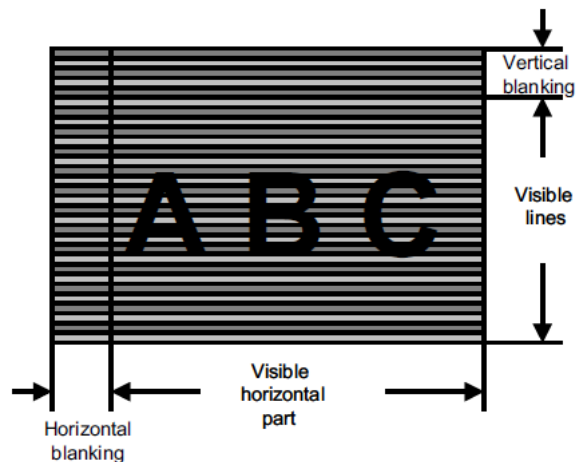
S obzirom na postojanje više različitih formata slike koji se koriste u video sistemima, često je potrebno prikazivanje sadržaja na ekranu neodgovarajućeg formata. Promjena formata slike je složena i spora operacija, pa je uobičajeno da se, u ovom slučaju, koriste tehnike prilagođenja sadržaja veličini ekrana. Pan-and-scan metod se koristi kada je potrebno sliku formata 16:9 prikazati na ekranu formata 4:3. Metod je ilustriran na Slici 2 lijevo i zasniva se na prikazivanju dijela slike formata 16:9 koji se nalazi u prozoru formata 4:3. Pošto se na ovaj način gubi dio slike, prozor se pomjera lijevo-desno kako bi u svakom trenutku bio prikazan dio slike koji je na neki način relevantan. Pomjeranje prozora nije trivijalan zadatak i, bez obzira na njegov položaj, dio slike se odbacuje što ovaj pristup čini nepraktičnim.

Za prikazivanje slike formata 16:9 na ekranu formata 4:3 prikladniji je letterbox format u kojem se puna slika prikazuje na ekranu, ali, zbog razlike u formatu, dijelovi ekrana iznad i ispod slike se ne koriste. Ove dvije trake mogu biti proizvoljne boje pri čemu se najčešće koristi crna.

Kada je potrebno sliku formata 4:3 prikazati na ekranu 16:9, koristi se pillarbox format. Slika je prikazana u cijelosti, ali se dva dijela ekrana lijevo i desno od slike ne koriste. Ovi dijelovi su najčešće crni.

1 Analogni video

S obzirom na to da je mnogo elemenata digitalnog videa naslijeđeno od analognog videa, daćemo kratak pregled načina generisanja slike kod analognog videa. Analogni video se sastoji se od niza mirnih slika (frejmova). Brzim izmjenjivanjem frejmova postiže se utisak pokreta u videu. Analogni električni video signal je nelinearna i monotona funkcija svjetline piksela. Na ekranu sa katodnom cijevi (CRT) slika se ispisuje liniju po liniju, pri čemu elektronskim topom upravlja video signal. Pozicija na ekranu je povezana sa vremenskom pozicijom u signalu koji prenosi sliku. Proces ispisivanja slike liniju po liniju naziva se skeniranje i ilustrirano je na Slici 3. Prema načinu dobijanja slike vidimo da je analogni video u stvari odmjeren po vremenskoj



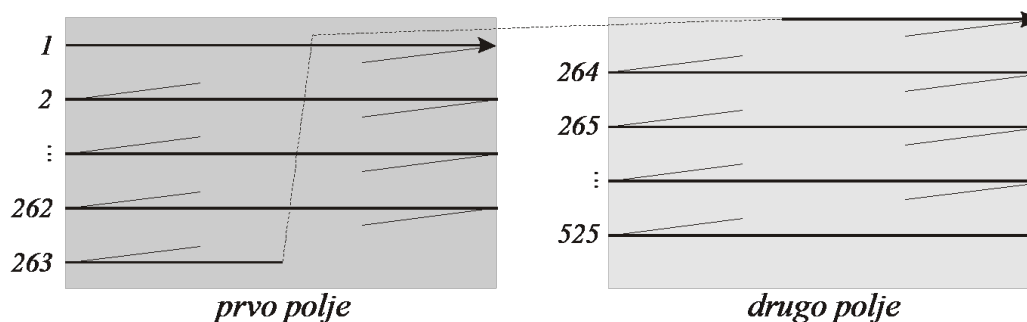
Slika 3: Ispisivanje slike liniju po liniju – skeniranje.

i jednoj prostornoj koordinati (linijama).

Kada se ispiše jedna linija elektronski top je potrebno podesiti na početak sljedeće linije — horizontal retrace. Kada se ispiše čitav frejm elektronski top je potrebno vratiti na početak frejma — vertical retrace. Prilikom ovog podešavanja elektronski top se isključuje (zatamnjanje, blanking). Intervali pri prelasku sa kraja jedne na početak sljedeće linije nazivaju se horizontalni blanking intervali, a intervali između skeniranja dva frejma ili polja su vertikalni blanking intervali. Signal koji prenosi sliku sadrži i blanking intervale. U ovim intervalima se prenose informacije o sinhronizaciji, tj. informacije o početku frejma, odnosno, linije. Pored toga, u analognoj televiziji, ovi intervali se koriste i za prenos stereo audio signala, titlova, itd.

Linije koje se prikazuju na ekranu nazivaju se *aktivne linije*. Međutim, broj aktivnih linija L_A nije vertikalna rezolucija videa. Vertikalna rezolucija videa je broj horizontalnih linija u frejmu koje se mogu razlikovati i niža je od broja aktivnih linija zbog preklapanja spektra. Kellov faktor je eksperimentalno određen faktor za koji se smanjuje rezolucija i predstavlja odnos broja linija koje se mogu razlikovati i broja aktivnih linija. Kod CRT ekrana Kellov faktor iznosi oko 0,7, dok kod LCD i plazma displeja iznosi oko 0,9.

Izmjenjivanje slika (frejmova) velikom brzinom stvara iluziju pokreta na slici. Ekran emituje svjetlost samo dio vremena (frame time) i potrebno je periodično ispisivati sliku na ekranu. Učestanost kojom se ispisuju slike je frekvencija osvježavanja (flash/refresh rate). Preniska frekvencija osvježavanja uzrokuje treperenje slike (flicker). Potrebna frekvencija zavisi od osvjjetljenja ambijenta i ugla gledanja. Uobičajene vrijednosti frekvencije osvježavanja su od 50-60 Hz naviše.



Slika 4: Skeniranje sa preplitanjem.

Skeniranje u kojem se prikaz slike dobija ispisivanjem čitave slike u jednom prebrisavanju ekrana naziva se progresivno skeniranje. Progresivno skeniranje je uobičajeno kod računarskih monitora, odnosno, displeja. Međutim, u ranim danima televizije nije bilo moguće prenijeti čitav frejm dovoljno brzo da bi se mogla postići dovoljno visoka frekvencija osvježavanja i izbjeći treperenje slike. Zbog toga se pribjelo triku u kojem se slika prikazuje u dva prebrisavanja ekrana. U prvom prebrisavanju se prikazuju parne linije frejma, a u drugom neparne. Na ovaj način frejm je podijeljena u dva *polja*, kao što je prikazano na Slici 4. Ova tehnika skeniranja naziva se skeniranje sa preplitanjem (interlaced) i omogućava korištenje niže frekvencije osvježavanja bez pojave treperenja slike. Skeniranje sa preplitanjem se tradicionalno koristi u televiziji i, iako danas više za njim nema potrebe, koristi se i u HDTV sistemima.

Ako se na slici nalaze objekti čija je vertikalna dimenzija vrlo mala (blizu horizontalne rezolucije video formata), prilikom korištenja skeniranja sa preplitanjem može se javiti njihovo treperenje. Razlog za ovo je što su pojedini pikseli vidljivi samo polovinu vremena, odnosno, frekvencija osvježavanja odgovarajućih piksela ili linija je prepolovljena. Rezultujući vizuelni efekat podsjeća na moire uzorak i naziva se interline twitter. Ovaj efekat se ublažava ugrađivanjem optičkog antialiasing filtra u kamere. Ipak, neželjena posljedica korištenja antialiasing filtra je gubitak oštine. Generalno, bolje je koristiti progresivno skeniranje.

Moderni LCD i plazma displeji su progresivni i da bi se na njima prikazala slika potrebno je iz dva polja videa sa preplitanjem rekonstruisati progresivni frejm. Ovakva potreba se javlja i u obradi videa. Međutim, pošto između sadržaja dva polja postoji vremenski razmak, njihovo jednostavno kombinovanje neće dati vjernu reprezentaciju originalnih objekata, kao što je ilustrovano na Slici 5. Ovi artefakti preplitanja poznati su i pod nazivima “mišji zubi” (mouse teeth), “cijepanje polja” (field tearing) ili combing. Da bi se



Slika 5: Artifakti preplitanja.

izbjegli artefakti preplitanja potrebno je koristiti neki sofisticiraniji postupak rekonstrukcije progresivnih frejmova – deinterlacing. Važno je napomenuti da se artefakti ne javljaju kod ekrana koji koriste skeniranje sa preplitanjem (kao što je CRT) jer se polja prikazuju u korektnom vremenskom odnosu.

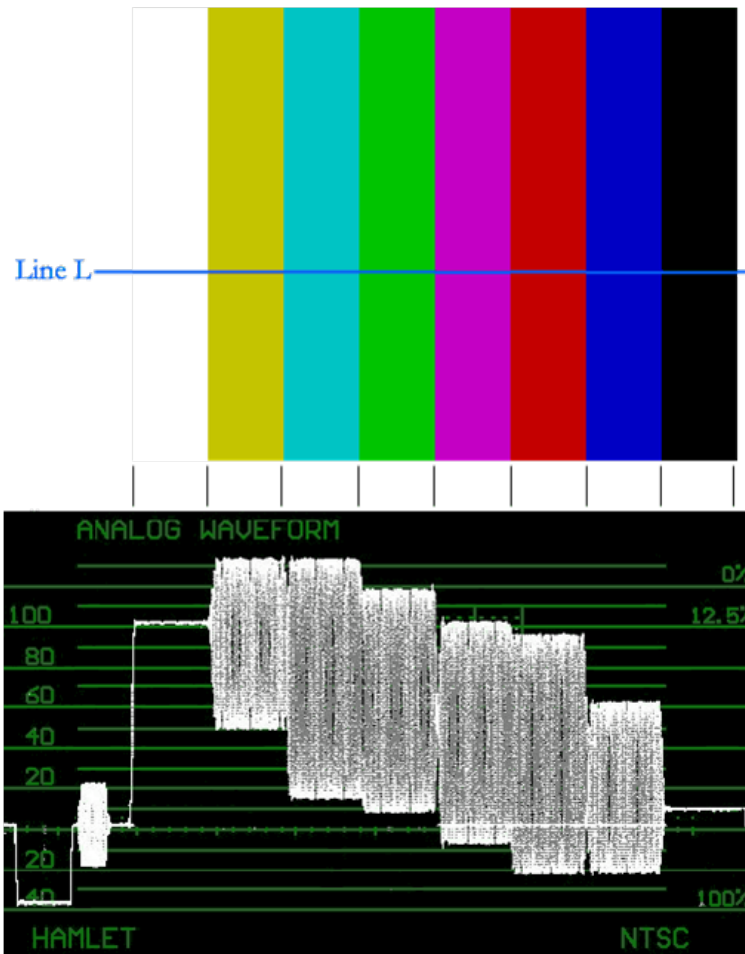
Primjer analognog videa je televizijski NTSC (National Television System Committee) standard koji se koristio u SAD, Japanu, Južnoj Koreji itd. Format slike u NTSC standardu je 4:3 sa 525 linija skeniranja, od kojih je 485 aktivnih linija. Često se, međutim, koristi samo 480 linija. Efektivna vertikalna rezolucija je $485 \times 0,7 = 340$ linija. U NTSC standardu se koristi skeniranje sa preplitanjem. Frekvencija osvježavanja je $30/1,001 \approx 29.97$ frejmova u sekundi, odnosno, $60/1,001$ polja u sekundi. Frekvencija osvježavanja je na početku bila 60 Hz (jednaka frekvenciji napona napajanja) ali je smanjena za 0,1% kako bi se izbjeglo pojavljivanje stacionarnog tačkastog uzorka na frekvenciji koja je jednaka razlici frekvencija nosilaca zvuka i hrominanse. Horizontalna frekvencija prebrisavanja je, dakle, približno $525 \times 30 = 15,75$ kHz. Za reprezentaciju boje se koristi YIQ kolor-model.

Vrijeme prebrisavanja jedne linije je $1/15750 = 63,5\mu s$. Od toga prebrisavanje aktivne linije traje $53,5\mu s$, a horizontalni blanking interval zbog prelaska sa kraja jedne linije na početak druge traje $10\mu s$. Od toga je $5\mu s$ traje horizontalni sinhronizacioni impuls. Na Slici 6 prikazan je talasni oblik signala po NTSC standardu, za jednu liniju skeniranja, koji odgovara testnom uzorku na gornjoj slici.

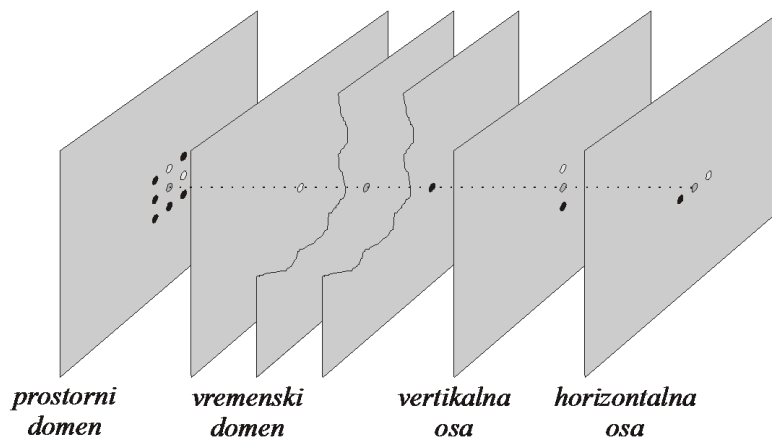
2 Digitalni video

Digitalni video donosi niz prednosti u odnosu na analogni. Na primjer, digitalni video nudi mogućnost direktnog slučajnog pristupa, što je dobro za nelinearno editovanje — montažu. Zatim, pri presnimavanju (kopiranju) sadržaja se ne smanjuje kvalitet videa, postiže se bolja otpornost na šum, kao i jednostavna enkripcija. Pošto se slika ne ispisuje pomoću elektronskog topa, nema potrebe za zatamnivanjem i sinhronizacionim impulsima. Međutim, interval zatamnivanja nije izbačen iz signala, već se koristi za prenos audio signala, titlova, te informacija za ispravljanje grešaka.

Digitalni video je odmjerjen po tri ose: horizontalnoj, vertikalnoj i vremenskoj, kao što je ilustrovano na Slici 7. Pošto je analogni video već odmjerjen po vertikalnoj i vremenskoj osi, digitalni video se, u suštini, dobija dijeljenjem linija skeniranja na određen broj piksela. Frekvencija odmjeravanja je izabrana tako da bude cjelobrojni umnožak frekvencije horizontalnog prebrisavanja. U slučaju NTSC standarda, ITU-R BT.601 (ranije CCIR.601) preporuka definiše frekvenciju odmjeravanja od $858 \times 15,75 \approx 13,5$ MHz, za



Slika 6: Testni uzorak i odgovarajući talasni oblik signala u NTSC standardu za jednu liniju skeniranja.

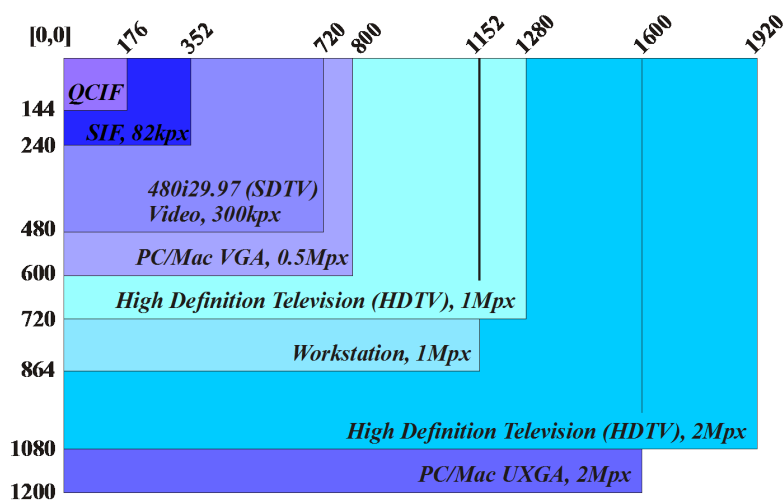


Slika 7: Odmjeravanje videa.

luminantnu komponentu, a 6,75 MHz za hrominantne komponente. Za hrominantne komponente je moguće izabrati nižu frekvenciju odmjeravanja zato što je rezolucija ljudskog vida za informaciju o boji niža nego za informaciju o intenzitetu. Frekvencija odmjeravanja određuje broj kolona slike, odnosno, broj uzoraka po aktivnoj liniji, S_{AL} . Za dato trajanje aktivne linije i frekvenciju odmjeravanja, dolazimo do broja od 720 piksela po aktivnoj liniji u slučaju NTSC videa. S obzirom na to da je broj aktivnih linija 480, a format slike 4:3 dolazimo do zaključka da su rezultujući pikseli pravougaonog, a ne kvadratnog oblika, ako što je uobičajeno u računarskoj grafici. Srećom, za televiziju visoke definicije (HDTV), preporukom ITU-R BT.709 definisani su kvadratni pikseli.

Na Slici 8 dati su primjeri nekih od stadardnih dimenzija slike, od QCIF formata namijenjenog za video-konferencije korištenjem sporih telefonskih linija do HDTV formata od 2 megapiksela. Postoje i formati sa višom rezolucijom (UHDTV): 4k (3840×2160) ili 8k (7680×4320). Ovo su prvi formati koji su označeni navođenjem horizontalne rezolucije.

Parametri skeniranja: broj linija, frekvencija osvježavanja i tip skeniranja (progresivno ili sa preplitanjem) su značajne karakteristike videa pa je uvedena notacija kojom se u video-sistemima opisuju ovi parametri. Ranija notacija je uključivala broj linija u frejmu (uključujući vertikalno zatamnjeno zaglavlje), frekvenciju frejmova ili polja u Hercima i oznaku da li je skeniranje progresivno (1:1) ili sa preplitanjem (2:1). Na primjer, za NTSC video sa 525 linija, frekvencijom polja od 59,94 Hz i skeniranjem sa preplitanjem oznaka je 525/59.94/2:1. Međutim, ova notacija je nekonzistentna i nemoguće je znati da li je navedena frekvencija frejmova ili polja. Ovaj propust se ispravlja novom notacijom koja sadrži: broj aktivnih linija, oznaku da li je skenira-



Slika 8: Neke standardne dimenzije slike.

nje progresivno (p) ili sa preplitanjem (i), te frekvenciju frejmova ili polja. Na primjer, za NTSC standard oznaka je 480i29.97. I u ovom slučaju, se ponekad navodi frekvencija polja. Međutim, European Broadcasting Union (EBU) insistira da se koristi frekvencija frejmova i koristi oznaku 480i/29.97. Dakle, evropski PAL standard se u staroj notaciji označava kao 625/50/2:1, dok je njegova oznaka u novoj notaciji 576i25. Primjeri oznaka HDTV formata su 720p60 i 1080i30. Može se uočiti da u novoj notaciji formati slike nisu eksplicitno zadati. U nekim slučajevima, kao što su 720p, 1080i ili 1080p se podrazumijevaju da se radi o formatu 16:9. Međutim, u slučaju formata 480i to nije definisano.

3 Kodovanje boje u videu

Izlazni signal iz televizijske kamere koristi RGB kolor-model. Međutim, u počecima kolor televizije signal koji se upućuje prema korisnicima je razdvojen na luminantnu i hrominantnu komponentu kako bi se obezbijedila kompatibilnost sa starijim (crno-bijelim) prijemnicima. Razdvajanje luminantne i hrominantne informacije je bliže ljudskoj percepciji slike o omogućava efikasnije kodovanje signala. U videu se koriste YIQ, YUV i YCbCr kolor-modeli.

YUV kodovanje boja je prvobitno korišteno za PAL analogni video. Y komponenta sadrži luminantnu, a U i V komponente hrominantnu informaciju. Vrijednosti komponenata u YUV kolor-prostoru se mogu dobiti linearnom transformacijom komponenata RGB kolor-modela. U video-sistemima se koristi gama-korekcija signala tako da se YUV komponente računaju korištenjem

R'G'B' komponenata videa. Luminansa sa gama-korekcijom se naziva luma

$$Y' = 0,299R' + 0,587G' + 0,114B'. \quad (1)$$

Hrominantne komponente se izračunavaju kao razlike između plave, odnosno, crvene komponente i referentne bijele na istoj luminansi. Mogu se izraziti kao

$$U = B' - Y', \quad (2)$$

$$V = R' - Y', \quad (3)$$

odakle se dobija

$$\begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,299 & -0,587 & 0,886 \\ 0,701 & -0,587 & -0,114 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (4)$$

YCbCr kolor-model je usvojen standardom ITU-R BT.601 za digitalni video. Pored toga, koristi se i za reprezentaciju boje u JPEG i MPEG algoritmima za kompresiju slike i videa. Suštinski YCbCr je normalizovana verzija YUV kolor-modela u kojem su hrominantne komponente

$$U = \frac{B' - Y'}{1,772}, \quad (5)$$

$$V = \frac{R' - Y'}{1,402}, \quad (6)$$

odakle se dobija

$$\begin{bmatrix} Y' \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,168736 & -0,331264 & 0,5 \\ 0,5 & -0,418688 & -0,081312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (7)$$

U HDTV sistemima, prema preporuci ITU-R BT.709 koriste se drugačiji koeficijenti za izračunavanje luma

$$Y' = 0,2126R' + 0,7152G' + 0,0722B'. \quad (8)$$

Razlika potiče od različitih osnovnih boja (u XYZ kolor prostoru) koje se koriste u SDTV i HDTV sistemima.

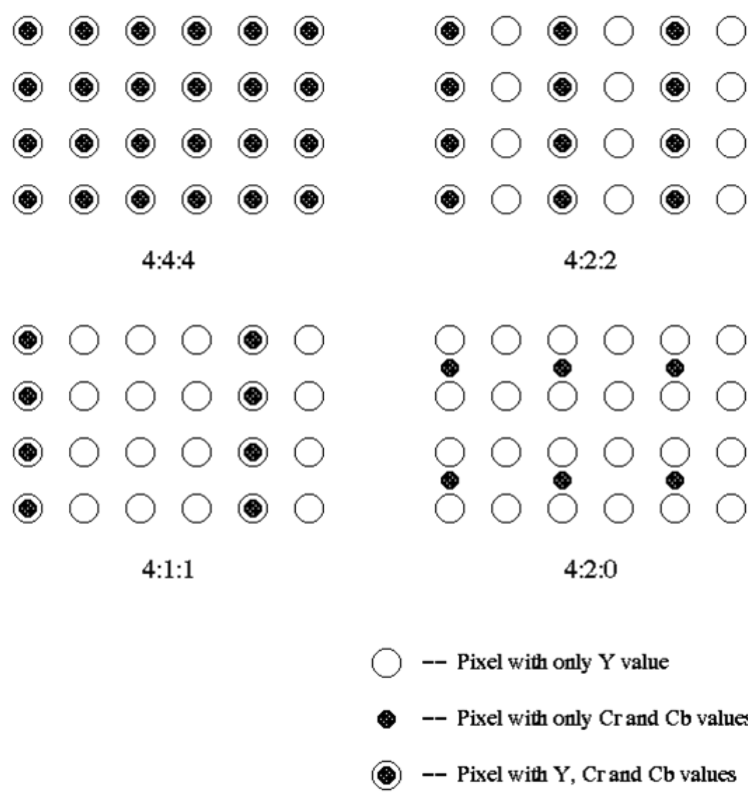


Slika 9: Ilustracija pododmjeravanja hrominantnih komponenata. Lijeva slika je original, a na desnoj su hrominantne komponente pododmjerene 4 puta.

4 Pododmjeravanje hromatskih komponenata

Ljudski vid ima nižu prostornu rezoluciju za boju nego za svjetlinu. Pošto je signal podijeljen na luminantnu (luma) komponentu, Y' , i hrominantne komponente, C_b i C_r , onda je moguće postići kompresiju podataka pododmjeravanjem hrominantnih komponenata. Ovaj postupak je poznat pod nazivom pododmjeravanje hromatskih komponenata (chroma subsampling). U primjeru na Slici 9 lijeva slika je originalna, a na desnoj su hrominantne komponente pododmjerene 4 puta. Između slika gotovo da i ne postoji vidljiva razlika. Analogan postupak je korišten kod prenosa analognog televizijskog signala pri čemu je za hrominantne komponente korišten dvostruko uži opseg frekvencija nego za luminantnu komponentu. Pododmjeravanje hrominantnih komponenata je uobičajeno u digitalnom videu te u JPEG algoritmu za kompresiju slika.

Postoj više različitih šema za pododmjeravanje hrominantnih komponenata i one se najčešće označavaju notacijom u obliku $J : a : b$. Posmatra se region širine J i visine 2 piksela. Za svaki piksel je definisana vrijednost luminantne komponente pošto se ona ne pododmjerava. Broj uzoraka hrominantnih komponenata u prvom redu je a , a b je broj novih uzoraka hrominantnih komponenata u drugom redu. Najčešće korištene šeme imaju $J = 4$ i njihovi primjeri su dati na Slici 10.



Slika 10: Primjeri šema za pododmjeravanje hrominantnih komponenata

Šema "4:4:4", prikazana u gornjem lijevom uglu ne uključuje odmjeravanje hrominantnih komponenata. U ovom slučaju se za svaki piksel prenose vrijednosti obje luminantne komponente. U slučaju šeme "4:2:2", hrominantne komponente su horizontalno pododmjerene sa faktorom 2. To znači da se, na 4 piksela luminanse, u prvom redu prenosi hrominantna informacija za dva piksela i da se, u drugom redu, hrominantna informacija prenosi za još dva piksela. U šemi "4:1:1" hrominantne komponente su horizontalno pododmjerene sa faktorom 4, odnosno, u prvom redu se prenosi hrominantna informacija za 1 piksel, a u drugom redu za još jedan piksel. Konačno, u šemi "4:2:0" luminantna informacija se pododmjerava i horizontalno i vertikalno sa faktorom 2. To znači da se u prvom redu šalju hrominantne informacije za 2 piksela, a u drugom redu se uopšte ne šalje hrominantna informacija za piksele. Međutim, u ovom slučaju su pozicije piksela za koje se šalje hrominantna informacija između redova piksela za koje se šalje luminantna informacija. JPEG i MPEG algoritmi za kompresiju koriste "4:2:0" pododmjeravanje hrominantnih komponenata. I ostale šeme pododmjeravanja mogu uključivati varijacije položaja piksela sa luminantnom informacijom.

5 Standardi za digitalni video

Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU) je definisala standarde za digitalni video standardne i visoke definicije. Standard za kodovanje analognog videa sa preplitanjem u digitalni format nosi oznaku ITU-R BT.601. Ovim standardom su podržani NTSC video sa 525 linija i frekvencijom osvježavanja od 60/1,001 Hz i PAL video sa 625 linija i frekvencijom osvježavanja od 50/1,001 Hz. Broj aktivnih linija je u 480 za NTSC videa, a 576 za PAL video. Format slike je 4:3. Frekvencija odmjeravanja luminanse je izabrana tako da bude cjelobrojan umnožak frekvencije prebrisavanja linija i iznosi 13,5 MHz. U slučaju NTSC videa ovo rezultuje sa 858 odmjeraka po liniji, a u slučaju PAL videa sa 864 odmjerka po liniji. U oba slučaja broj aktivnih odmjeraka (piksela) luminanse po liniji je 720. Imajući u vidu format slike, te broj aktivnih linija i broj aktivnih piksela po liniji dolazimo do zaključka da su pikseli pravougaonog oblika.

ITU-R BT.601 standard za reprezentaciju boje koristi YCbCr kolor-model i definiše primarne boje. Frekvencija odmjeravanja hrominantne informacije je 6,25 MHz što odgovara 4:2:2 pododmjeravanju hrominantnih komponenata. Kao rezultat, dobija se 360 aktivnih odmjeraka hrominanse po liniji. Pikseli su uniformno kvantovani sa 8 ili 10 bita. Potrebna bitska brzina za prenos NTSC videa kodovanog sa 8 bita, uključujući intervale zatamnjenja,

je

$$525 \times 858 \times 30 \times 2 \times 8 \approx 216\text{Mbps.}$$

ITU-R BT.601 se koristi sa MPEG i H.26x formatima kompresije pri čemu se ponekad koristi 4:2:0 pododmjeravanje hrominantnih komponenata.

Format televizije visoke definicije opisan je standardom ITU-R BT.709. Format slike je 16:9. Ovaj standard sadrži sisteme sa različitim brojem linija i načinima skeniranja od kojih se neki više i ne koriste. Najznačajniji sistemi opisani ovim standardom su 1080p i 1080i. Podržane frekvencije osvježavanja su 60 Hz, 50 Hz, 30 Hz, 25 Hz i 24 Hz, kao i varijante podijeljene sa 1,001. Frekvencija odmjeravanja luminanse zavisi od frekvencije osvježavanja i može biti 148,5 MHz ili 74,25 MHz. Frekvencija odmjeravanja hrominanse je polovina frekvencije odmjeravanja luminanse. I u ovom standardu se koristi YCbCr kolor-model i definisane su primarne boje. Odmjerci su uniformno kvantovani sa 8 ili 10 bita. Rezultujući pikseli su kvadratnog oblika. I ovaj standard se koristi sa MPEG i H.26x formatima kompresije, eventualno uz 4:2:0 pododmjeravanje hrominantnih komponenata.

6 Tipovi video signala

U zavisnosti od toga kako se prenose pojedine komponente kolor-modela, odnosno, luminantna i hrominantne komponente, razlikujemo tri tipa video signala: komponentni video, kompozitni video i S-video.

6.1 Komponentni video

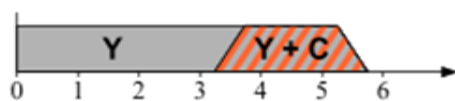
Komponentni video podrazumijeva posebno prenošenje svake od tri komponente boje – R'G'B' ili Y'CbCr. Na ovaj način se dobija dobra reprodukcija boje, ali je potreban širi propusni opseg i dobra sinhronizacija komponenata kako se ne bi pojavile greške u boji. Gotovo sav digitalni video koristi komponentni video

6.2 Kompozitni video

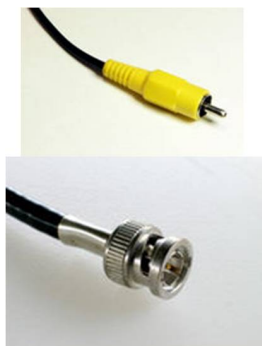
Kompozitni video se koristi u analognim video sistemima. Luminantna komponenta, hrominantne komponente i sinhronizacioni signali se kombinuju u jedan signal pomoću frekvencijskog multipleksiranja, Slika 12. U ranim danima televizije u boji, kompozitni video se pokazao kao dobro rješenje zato što omogućava da se istim signalom se prenosi informacija za kolor i crno-bijele TV prijemnike, čime je obezbijedena kompatibilnost unazad. Zbog



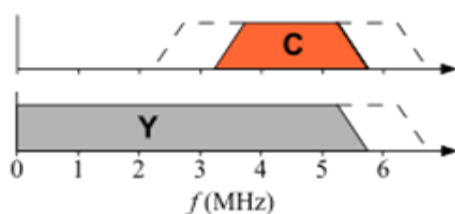
Slika 11: Primjeri konektora za komponentni video.



Slika 12: Spektar kompozitnog videa.



Slika 13: Primjeri konektora za kompozitni video.



Slika 14: Spektralni opsezi S-vidoa.

interferencije između luminantne i hrominantnih komponenata, kompozitni video ima lošiji kvalitet u odnosu na komponentni video.

6.3 S-video

Separirani (separated) video ili Y'/C video predstavlja kompromis između analognog komponentnog i kompozitnog videa. Signal se prenosi korištenjem dvije linije, od kojih se jednom prenosi luminantna, a drugom hrominantna informacija. Spektralni opsezi ovih signala prikazani u na Slici 14. Na ovaj način se dobija poboljšani kvalitet slike u odnosu na kompozitni video.



Slika 15: Konektor za S-video.

7 Digitalna televizija

Digitalna televizija je jedna od najrasprostranjenijih aplikacija digitalnih video sistema. Koristi se digitalni signal za prenos slike i zvuka. Neke od prednosti digitalne televizije su:

- teoretski, signal se može prenijeti na neograničenu udaljenost,
- postoji mogućnost kompresije signala, a time i ekonomičnijeg korištenja resursa,
- detekcija i korekcija grešaka,
- smanjen uticaj šuma,
- jednostavna mogućnost dodavanja specijalnih efekata (chroma keying), itd.

Kao što je pomenuto, u digitalnoj televiziji koriste se SDTV i HDTV standardi. SDTV je obično 480i i u formatu 4:3, a HDTV je više rezolucije (720p, 1080i, 4k, 8k) i u formatu 16:9.

8 Digitalna televizija visoke definicije

Cilj televizije visoke definicije je proširenje vidnog polja i angažovanje perifernog vida gledaoca čime se poboljšava kvalitet doživljaja. Da bismo odredili širinu vidnog polja kod SDTV i HDTV sistema polazimo od poznate činjenice da rezolucija ljudskog vida iznosi oko 1 minuta. Da se ne bi primjetila linijska struktura slike, razmak između linija, na određenoj udaljenosti posmatranja, mora zahvatati ugao manji od jednog minuta. Ova udaljenost se može izračunati kao

$$l = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2 \times 60^\circ} \right)} \approx 3400d, \quad (9)$$

gdje je d razmak između linija na ekranu. Pošto je razmak između linija na ekranu jednak količniku visine ekrana i broja aktivnih linija

$$d = \frac{PH}{L_A}, \quad (10)$$

tada je minimalna udaljenost

$$l = \frac{3400PH}{L_A}. \quad (11)$$

Kod SDTV je $L_A = 480$ pa je minimalna udaljenost $l = 7,1PH$. Vidno polje je 8° po vertikali i 11° po horizontali. Kod HDTV je $L_A = 1920$ pa je minimalna udaljenost $l = 3,1PH$, a vidno polje je 18° po vertikali i 32° po horizontali. Vidimo da, u ovom slučaju, za displej iste veličine, udaljenost posmatranja može biti manja i slika zauzima veći dio vidnog polja gledaoca čime se poboljšava cjelokupni doživljaj.

Pored već pomenutih prednosti korištenja digitalnog signala i 16:9 formata slike, HDTV ima i realnije boje, sliku sa više detalja, bolji prikaz na većim ekranima, podržava nove tehnologije snimanja na optičke medije i 5.1 surround zvuk.