



LECTURE CONTENT: VIDEO

- Acquisition and reproduction
 - Video interlacing
 - Color in video
- Television formats
- Video stabilization
- Detecting transitions
- Video compression
 - MPEG

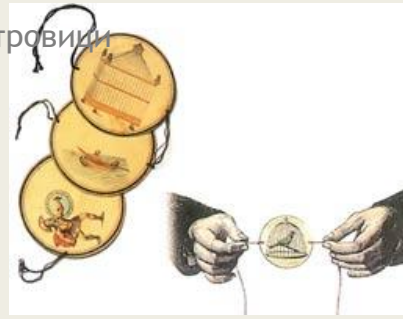
Lecture 5



Природа филм

- Филм је низ слика.
 - *Слике које чине филм брзо се смењују.*
- Покрет који се опажа је оптичка илузија
 - *Настаје захваљујући перзистенцији вида, карактеристици чулног надражаја да се губи тек постепено.*
 - Услед перзистенције, не опажа се прелазак с приказивања једне слике на следећу, већ се стиче утисак посматрања призора у континуираном покрету.
 - Фреквенција смењивања појединачне слике довољна да створи илузију покрета износи 4 – 40 (обично 24) слика по секунди и може зависити од фактора као што је обасјаност покретног призора у односу на позадину.

Значај филма



- Потребу човека за филмом доказују:
 - *Небројене справе којима је током векова настојао да оживи непокретне слике, а међу њима и:*
 - Трауматроп
 - *плочица с цртежима на обе стране, причвршћена канапима на два краја, што омогућава да се плочица брзо врти*
 - Фенакistosкоп и стробоскоп
 - *диск на коме су нацртане фазе некаквног покрета у кругу, а који се заврти и посматра кроз прорезе заклона са стране*
 - Зоотроп и зоопраксископ
 - *Ваљак на чијој унутрашњости су посматрани прикази, који се посматрају кроз прорезе. Траке с приказима дају се заменити.*

Значај филма

- Потребу човека за филмом доказују још и:
 - *Време које се проводи испред телевизора, компјутера и биоскопског платна*
 - *Све већа присутност покретних слика свугде:*
 - у различитим продајним и услужним објектима, на билбордима, у склопу дечијих играчака...
- Експанзија могућности за снимање, дистрибуирање и приказивање филма може се сматрати једним од најзначајнијих технолошких достигнућа уопште

Видео сигнал

- По правилу је приказ реалног окружења или комбинација оваквог снимка и анимације
- Дигитализовани видео сигнал
 - Добија се дигиталном видео камером, или
 - Дигитализацијом са аналогних извора
- Видео сигнал може:
 - потицати са записа, или
 - директно притицати из камере.

Компресија видеоа

- Апликације за рад са видео сигналом:
 - **Симетричне**, код којих је подједнак број компресија и декомпресија. На пример, апликације за разговор преко Интернета
 - **Асиметричне**, код којих се компресија врши једном, а декомпресија вишеструко већи број пута. На пример, издавање филма на DVD-у
 - У овом случају, компресија може трајати знатно дуже са циљем да се постигне што бољи износ компресије уз одржање високог степена верности оригиналу

Компресија видеа

- Карактеристика видео сигнала је кохеренција:
 - **Просторна кохеренција**
 - Суседни пиксели најчешће имају врло сличне вредности
 - Просторна кохеренција се користи у JPEG техници
 - **Временска**
 - Сцене које се снимају учесталошћу од 25 пута у секунди, или сличном, најчешће имају врло сличне пикселе

Компресија видеа

- Приступи кодирању временске кохеренције видео сигнала:
 - Не кодира се, већ се само смењују JPEG слике
 - Ово је крајње непрактично, будући да просечна секвенца видеа не садржи много наглих покрета или разова сцена, али обезбеђује једнакост свих слика из секвенце видеа
 - Кодира се са референцирањем на прошлост, то јест, сигнал се кодира са референцом на претходне оквири из секвенце
 - Реч је о предиктивном кодирању

Компресија видеа

- Приступи кодирању временске кохеренције видео сигнала:
 - Кодира се са референцирањем на прошлост и будућност
 - Постиге се већи износ компресије него код кодирања са референцирањем само на прошлост
 - Комбинује се са захтевом да се кориснику омогући интерактивно кретање кроз материјал
 - Приступ одређеној слици из секвенце видеа уз минимално кашњење могућ је захваљујући самосталним, тзв. *stand-alone* сликама
 - Самосталне слике се кодирају без референци на друге слике из сигнала, омогућујући како референцирање на будућност, тако и брз приступ

MPEG стандарди

- MPEG стандарди (од енг. *Moving Picture Expert Group*, Група експерата за покретне слике)
 - Назив је намерно сличан називу JPEG
- MPEG-1
 - Почетни стандард, донет 1993. године
 - Његов аудио слој је популарно познат као MP3
- MPEG-2
 - Распрострањен као стандард емитовања програма дигиталне телевизије, кабловске телевизије, сателитске телевизије и филмова који се испоручују на *DVD* формату
 - *Прогутао* је MPEG-3, првобитно намењен за телевизију високе резолуције

MPEG стандарди

- MPEG-4
 - Повећана ефикасност компресије
 - Побољшано обрађује компјутерску графику и врши рендеровање
 - Уноси могућност заштите ауторских права над садржајем
 - Подржава MPEG-J, на Јави базирану апликативну машину за развој интерактивних мултимедијалних апликација
- MPEG-7 – (енг. *Multimedia Content Description Interface* – *Интерфејс описа мултимедијалног садржаја*)
 - Стандард описа мултимедијалног садржаја за потребе брзе и ефикасне претраге
 - Дакле, није намењен компресији филма или звука!
 - Њиме се на бази XML-а могу описати метаподаци који се, на пример, могу додељивати појединим сегментима видео записа

MPEG стандарди

- MPEG-21
 - Отворен фрејмворк за развој мултимедијалних апликација
 - Два основна концепта су му:
 - *дигитална ставка* и
 - Корисничка интеракција са дигиталном ставком
- MPEG-E (енг. *Multimedia Middleware*, *Мидлвер* (услужни или ти посредни софтвер) за мултимедије)
 - Дефинише програмски интерфејс за развој мултимедијалних апликација (енг. *Multimedia application programming interface*, (*Multimedia API*))
- MPEG-N
 - Дефинише: високо ефикасно кодирање видеа, тродимензиони звук, транспорт мултимедијалних података прилагодљив хетерогеним мрежним окружењима
 - Донет 2013. године

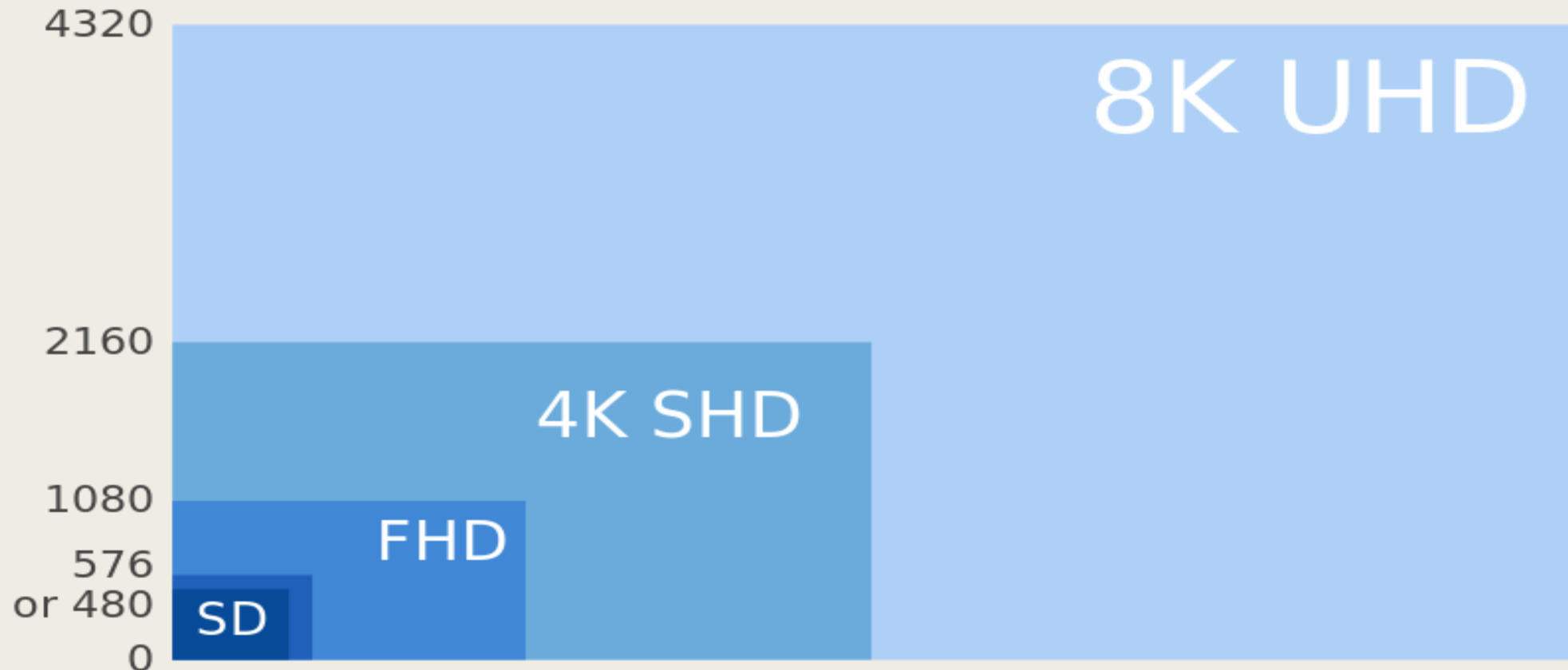
Други видео стандарди

- H.261, H.263, H.320 и H.323
 - Стандарди водећих произвођача решења за видео конференције
- Стандарди телевизије високе резолуције
 - На пример, UHDTV (енг. *Ultra high definition television*, *Телевизија ултра високе резолуције*) – у развоју од 2003. године, када је развој започела 日本放送協会
- Јапанска национална радио-телевизија NHK (*Nippon Hōsō Kyōkai* - 日本放送協会)



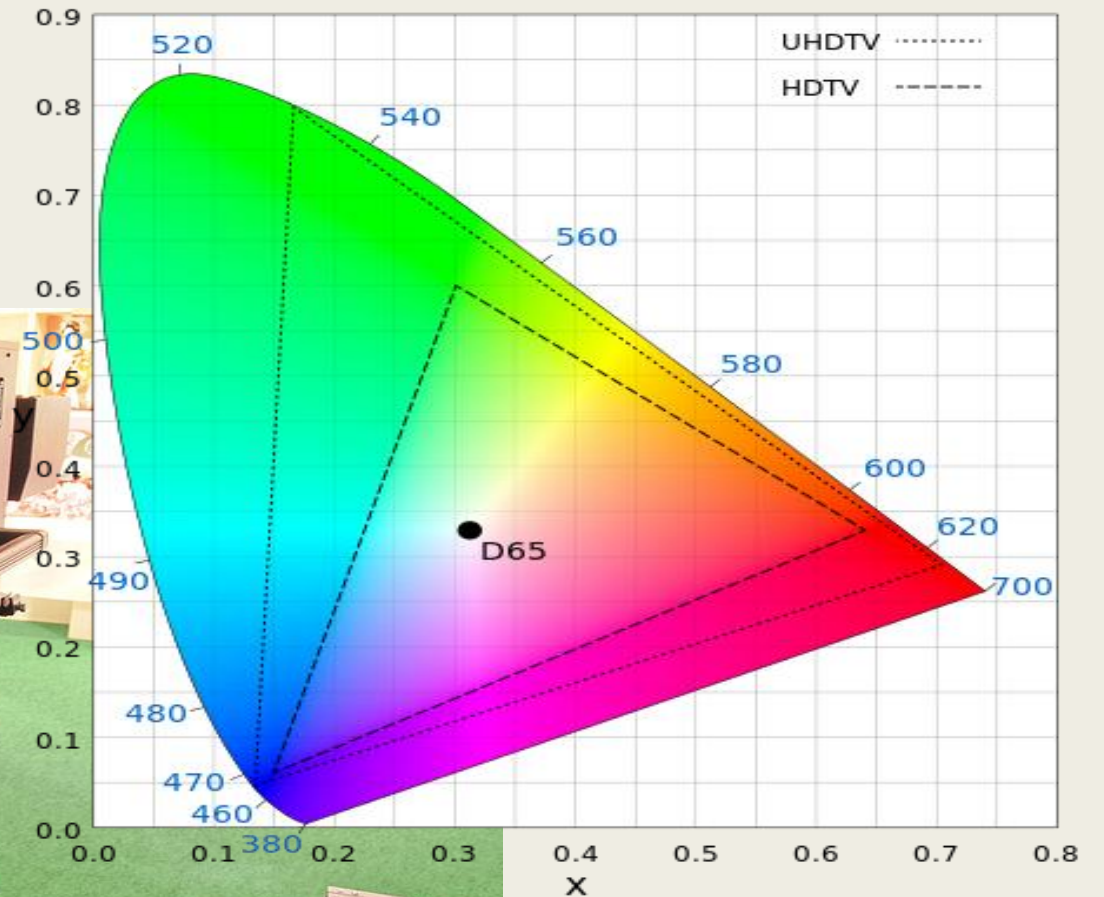
Телевизија ултра високе резолуције

- Резолуција, у поређењу са *SHD* – супер високом резолуцијом, *FHD* (*Full HD*) – телевизијом високе резолуције и *SD* – стандардном телевизијом



Телевизија ултра високе резолуције

- Простор боја, у поређењу са простором боја телевизије високе резолуције (*FHD* или *HDTV*)



Технике анализе покретних слика

- Анализа се може односити на:
 - *Појединачне фрејмове*
 - И тада је реч о техникама вештачке интелигенције за анализу слике
 - *На пример: опис текстуре, проналажење ивица, препознавање облика, проналажење доминантних боја...*

Технике анализе покретних слика

- **Анализа се може односити на:**
 - *Секвенце фрејмова*
 - **Базирају се на компарацијама фрејмова**
 - *На пример:*
 - **Анализа покрета**
 - *Ради описа динамичности, или за потребе компресије, и слично...*
 - **Проналажење прекида кадра**
 - *Ради резова, а на основу: разлике у вредностима пиксела, хистограма боја или екстрахованих ивица*
 - **Проналажење репрезентативних мотива**
 - *Кратких секвенци ради лакше људске или аутоматске претраге*
 - **Поређење репрезентативних мотива или целих видеа**

Методе анимације

- Ручно цртање цртаних филмова
 - *При чему се може користити и више слојева од провидних фолија, од којих онај слој који приказује позадину не мора бити у сваком кадру подједнако снимљен.*
- Техника заустављеног покрета
 - *(енг. stop motion) кадрови са дводимензионим или тродимензионим објектима се снимају један по један, а између снимања се објекти по мало померају*

Методе анимације

■ Рачунарска анимација

- *Комбиновањем ручног цртања и софтверских обрада и дорада може се постићи изражена експресивност*
 - Комбиновање може имати различите форме
 - *На пример, нацртане слике се скенирају или фотографишу, а софтвер служи за њихово ређање у низу.*
 - *Нацртане слике могу се доцртавати у програмима за обраду слика*
- *Целокупна анимација може бити израђена одговарајућим софтвером*

Методе анимације

- Рачунарска анимација
 - *Често је довољна учесталост промене слике од 12 слика у секунди*
- Рачунарске анимације могу бити:
 - *Дводимензионе и*
 - *Тродимензионе*
 - Тродимензионе се рендерују у дводимензионе, или се пак приказују као тродимензионе и гледају уз одговарајуће наочаре
 - Тродимензионе су знатно рачунарски скупље, то јест комплекснији им је опис и дуже генерисање филма

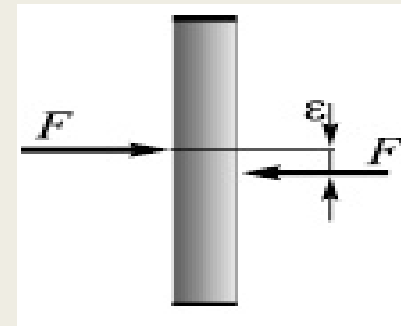
Технике анимације

- Неке од основних техника имплементираних у софтверу који се користи у анимацији:
 - *Дигитални еквиваленти провидних фолија*
 - *Кључни кадрови и једноставни кадрови*
 - *Интерполација*
- Дигитални еквиваленти провидних фолија. Уколико се не имплементира пажљиво, може оптеретити запис великом количином редундантних података.
 - *Пажљив приступ подразумева одвајање статичких од динамичких елемената.*
 - *Динамички елемент анимације, насупрот статичком елементу, назива се спрајт (вилењак, енг. *sprite*)*
 - *За спрајтове се описује низ изгледа (енг. *faces*) и начин померања.*

Технике анимације

- *Кључни кадрови* (енг. *Key frames*)
 - Обично је реч о почецима и завршецима активности.
 - Познати су и у ручном цртању, где их израђују водећи цртачи, док сличице између њих израђују помоћници.
 - Садрже детаљне информације о спрајтовима
 - *Који су спрајтови присутни на слици, на којој позицији, у коме правцу су оријентисани, колико су видљиви*
- *Кадрови промена*
 - Садрже податке о променама спрајтова

Технике анимације



– Интерполација

- У рачунарској анимацији софвер врши *интерполацију* између кључних кадрова, то јест прорачунава вредности приказа између два кључна кадра. Техника интерполације се још може називати и **ТВНИНГОМ** (од енг. *in-between*).
- Примери техника интерполација: *транслација, ротација, скалирање, рефлексија и смицање*
 - *Смицање је излагање предмета дејству две силе истог интензитета, са правцима који су међусобно паралелни и налазе се на малом растојању, а смер им је супротан.*

Софтвер за анимацију

- Софтвер који се користи у анимацији:
 - Софтвер за комбиновану анимацију:
 - *Animo, Toonz, Retas!Pro, ToonBoom,...*
 - Софтвер за дигиталну анимацију:
 - *CelAction, CraToon, Adobe Flash,...*
 - Обе групе софтвера све више имају оба типа могућности

Софтвер за анимацију

- Концепти, на примеру *Flash-a*:
 - Графичка репрезентација низа кадрова (енг. *timeline*)
 - Кадрови могу бити
 - Кључни, који су, обично, новоцртани, или
 - Једноставни, ако се ослањају на претходни кључни кадар
 - Сцена (енг. *stage*)
 - радни простор у коме се кадрови дизајнирају
 - Могуће је користити и растерске слике
 - На пример у форматима JPEG и PNG

Формати анимације

- *QuickTime* формат
 - *Мултимедијални контејнерски фајл*, то јест фајл који садржи једну или више трака и њихове метаподатке
 - *У тракама могу бити аудио, видео, ефекти, титлови и слично*
 - Јасна раздвојеност садржаја чини га подесним за чување анимације која се обрађује
 - Може пратити MPEG-4 стандард
- *SWF* формат
 - (Свиф, првобитно *ShockWave Flash*, касније бекроним: *Small Web Format*) формат Адобе Флеша
 - Доминантан је формат за приказивање анимација на вебу

Формати анимације

- Анимације се на веб стране додају:
 - У *SWF* формату,
 - Као анимирани *GIF* фајлови,
 - Као угњежден видео,...
- Анимацијама може бити додата интерактивност
 - На пример, коришћењем скриптинг језика *ActionScript*
 - *ActionScript* је језик на бази *JavaScript*-а
 - Поред типова променљивих попут стринга, буловске промењиве, низа и слично, има и промењиве типа *MovieClip*, *Button* и *Sound*
 - Користи се и за игре на вебу

Uvod u video tehnologiju

- Video je tehnologija elektronskog snimanja, procesiranja, memorisanja, prenosa i rekonstrukcije sekvence mirnih slika koje predstavljaju scenu u pokretu.
- Počeci vezani za razvoj televizije
- 1923 – prvi prenos TV signala
- 1936 – početak emitovanja redovnog TV programa
- 1954 – početak emitovanja TV programa u boji
 - *kompatibilnost: crno-bijeli televizori su mogli da koriste samo luminansu, a informaciju o boji su odbacivali*
- 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
- 20xx – prestanak emitovanja analognog TV programa i prelazak na digitalni

Karakteristike video sistema

- Format slike
- Sistem skeniranja
 - *Progresivno*
 - *Sa preplitanjem*
- Frekvencija osvježavanja
- Broj linija po frejmu
- Skup električnih standarda
 - *Analogni/digitalni signali kojima se prenosi video*
- Računarska reprezentacija
 - *Odmjeravanje/rezolucija*
 - *Format piksela*
- Kodovanje boje

Karakteristike video sistema

Format slike (aspect ratio)

- Odnos širine i visine slike
 - *Standard Definition TV* – 4:3
 - *High Definition TV* – 16:9
 - *Bioskop*: 1,85:1 i 2,39:1

Video
4:3
1.33:1

Widescreen SDTV
HDTV
16:9
1.78:1

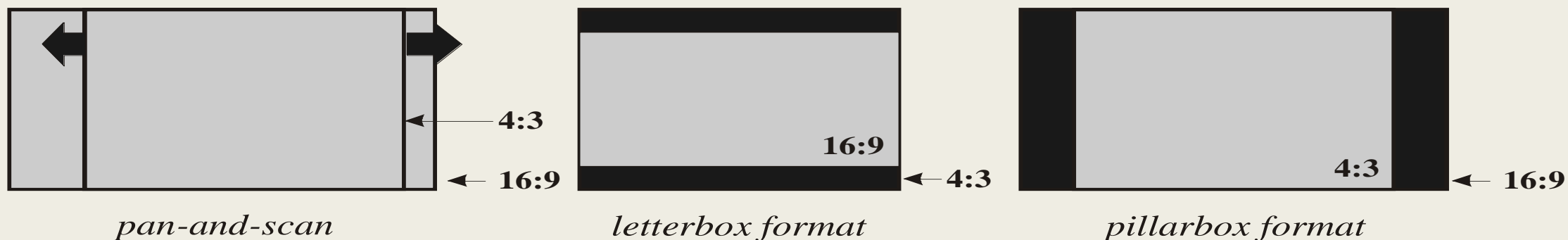
35mm still film
3:2
1.5:1

Cinema film
1.85:1

Cinema film
2.39:1

Promjena formata slike

- Potrebna zbog prilagođenja veličini ekrana
 - *pan-and-scan* metod
 - *letterbox format*
 - *pillarbox format*



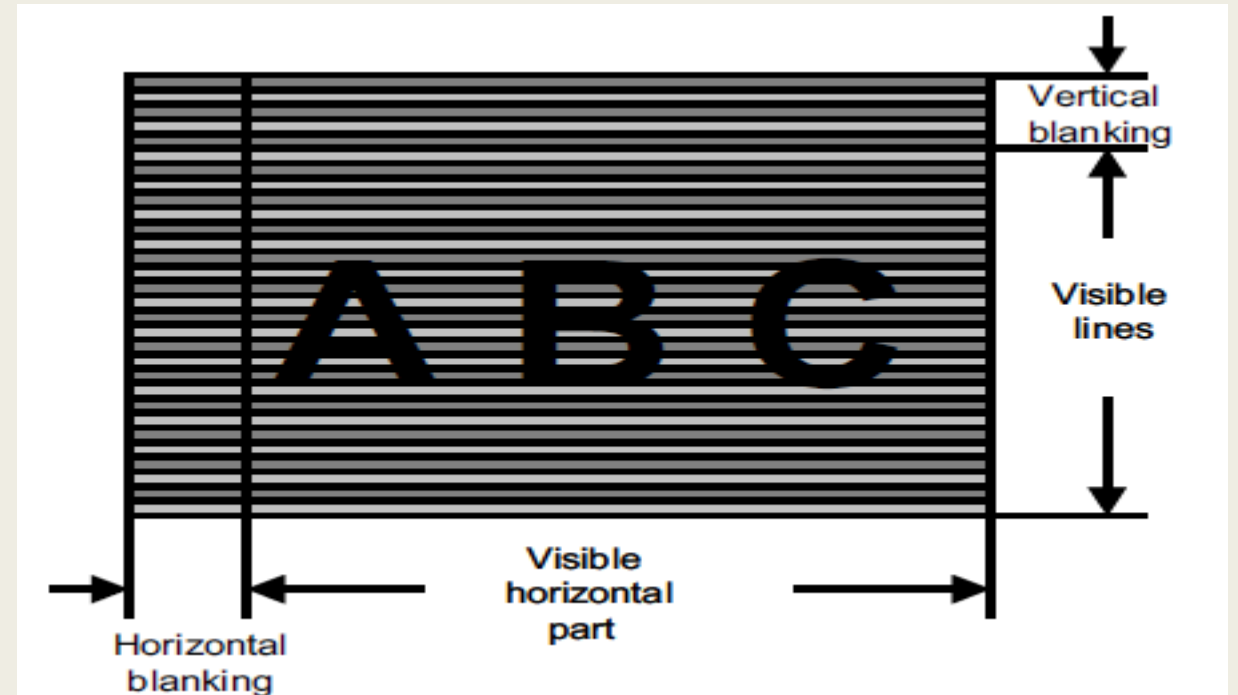
Analogni video

- Sastoji se od niza frejmova (mirnih slika)
- Brzim izmjenjivanjem frejmova postiže se utisak pokreta u videu
- Analogni električni video signal je (nelinearna) monotona funkcija svjetline piksela
- Slika se na ekranu sa katodnom cijevi (CRT) ispisuje liniju po liniju
- Pozicija na ekranu je povezana sa vremenskom pozicijom u signalu koji prenosi sliku
- Analogni video je odmjeran po vremenskoj i jednoj prostornoj koordinati (linijama)



Blanking

- 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**
- Elektronski top se isključuje (**blanking**):
 - Pri prelasku sa kraja jedne na početak sljedeće linije (**horizontalni blanking intervali**)
 - Između skeniranja dva frejma ili polja (**vertikalni blanking intervali**)
 - Signal koji prenosi sliku sadrži i blanking intervale – prenose se informacije o sinhronizaciji



Karakteristike video sistema

Broj linija

- Kod analognog videa slika se ispisuje liniju po liniju
- Signal se prenosi i za vrijeme blanking intervala
- Ukupan broj linija je veći od broja linija koje se prikazuju na ekranu (**aktivnih linija**)
 - *Zatamnjene linije se koriste za sinhronizaciju, prenos stereo audio signala, titlova,...*
- Broj aktivnih linija (vertikalna rezolucija) – L_A
 - *Efektivna rezolucija je nešto niža*
 - *Kellov faktor je eksperimentalno određen faktor za koji se smanjuje rezolucija zbog preklapanja spektra*
 - LCD/plazma: 0,9
 - CRT: 0,7

Osvježavanje ekrana

- Izmjenjivanje slika (frejmova) velikom brzinom stvara iluziju pokreta na slici
- Ekрани emituju svjetlost samo dio vremena (frame time)
- Učestanost kojom se ispisuju slike je **frekvencija osvježavanja** (flash/refresh rate)
 - *Preniska frekvencija osvježavanja uzrokuje treperenje slike (flicker)*
 - *Potrebna frekvencija zavisi od osvjetljenja ambijenta i ugla gledanja*
 - *Uobičajene vrijednosti od 50-60 Hz naviše*

Tehnike skeniranja

■ Progresivno (progressive) skeniranje

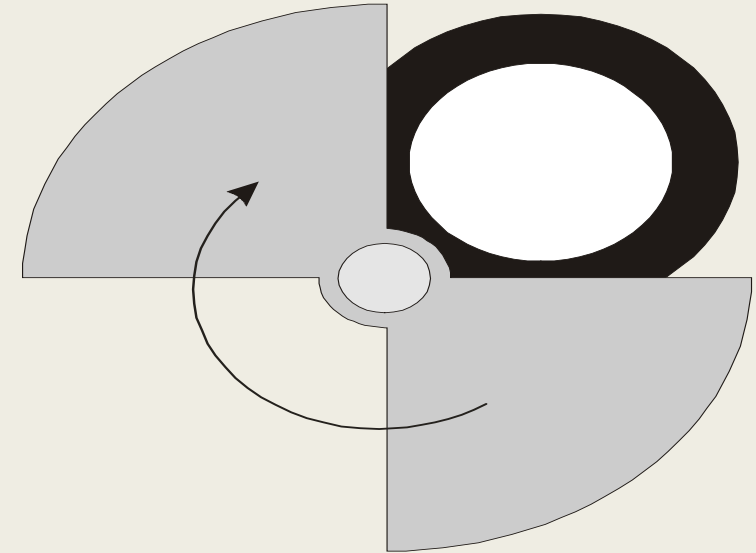
- *Prikaz slike se dobija ispisivanjem čitave slike u jednom prebrisavanju ekrana*
- *Koristi se kod računarskih monitora/displeja*

■ Skeniranje sa preplitanjem (interlaced)

- *Slika se prikazuje u dva prebrisavanja ekrana*
- *U jednom se prikazuju parne, a u drugom neparne linije – dva polja*
- *Uvedeno zato što nije bilo moguće prenijeti čitav frejm dovoljno brzo da bi se izbjeglo treperenje slike*
- *Tradicionalno se koristi u televiziji*
- *Dominira i u HDTV sistemima*

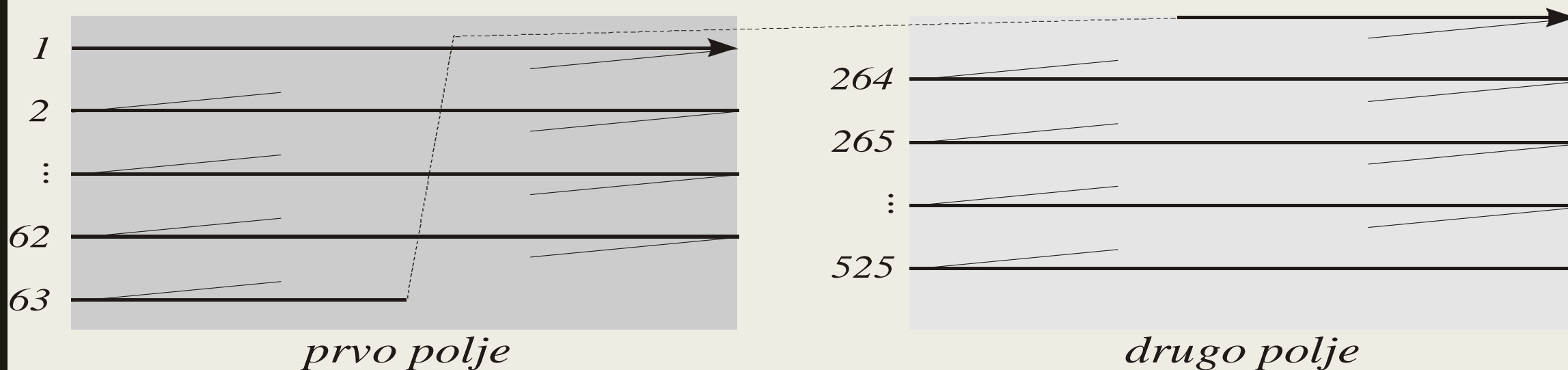
Skeniranje sa preplitanjem Interlacing

- U bioskopskoj sali je 48 Hz dovoljna frekvencija osvježavanja
- Da bi se uštedila filmska traka korištene su 24 slike u sekundi (24 Hz)
- Koristi se projektor sa dvostrukim poklopcem da bi se stvorila iluzija dvostruko bržeg osvježavanja
- Na ovoj ideji je zasnovano skeniranje sa preplitanjem



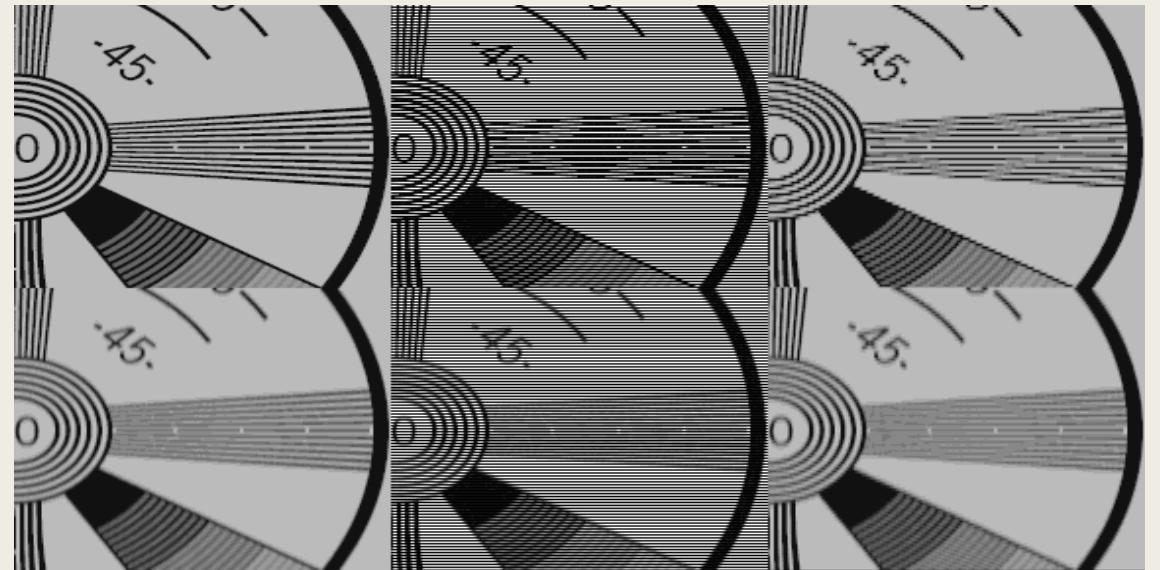
Skeniranje sa preplitanjem

- Frame/slika se sastoji od dva polja
- Polje sadrži samo neparne, odnosno, parne linije
- Slika se dobija iz dva prebrisavanja ekrana
- Moguće je smanjiti frekvenciju osvježavanja
- Polako se povlači iz upotrebe



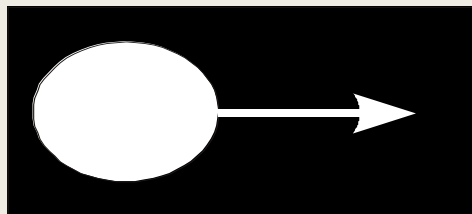
Twitter efekat

- Javlja se kod skeniranja sa preplitanjem ako se na slici nalaze objekti čija je vertikalna dimenzija vrlo mala (blizu horizontalne rezolucije video formata)
- Vrsta moire uzorka
- Може се ублажити anti-aliasing filtrom по цијену губитка оштрине
- Bolje je koristiti progresivno skeniranje

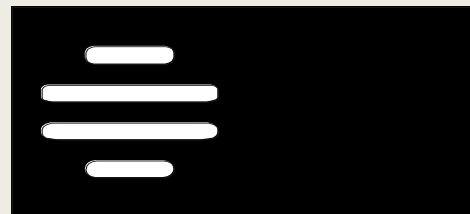


Artifakti u prikazu pokreta kod skeniranja sa preplitanjem

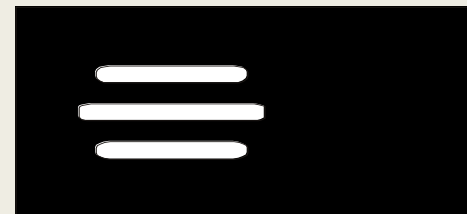
- Javljaju se kod rekonstrukcije progresivnih frejmova
 - *Potrebno za prikazivanje na LCD/plazma ekranima i u obradi videa*
- “Mišji zubi (mouse teeth)” ili “cijepanje polja (field tearing)”
- **Deinterlacing** je postupak rekonstrukcije progresivnih frejmova – nastoji se da se izbjegnu artifakti
- Artifakti se ne javljaju kod ekrana koji koristi skeniranje sa preplitanjem (CRT)



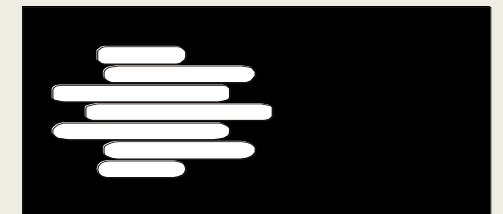
a) testna slika



b) prvo polje



c) drugo polje



d) kompletna slika

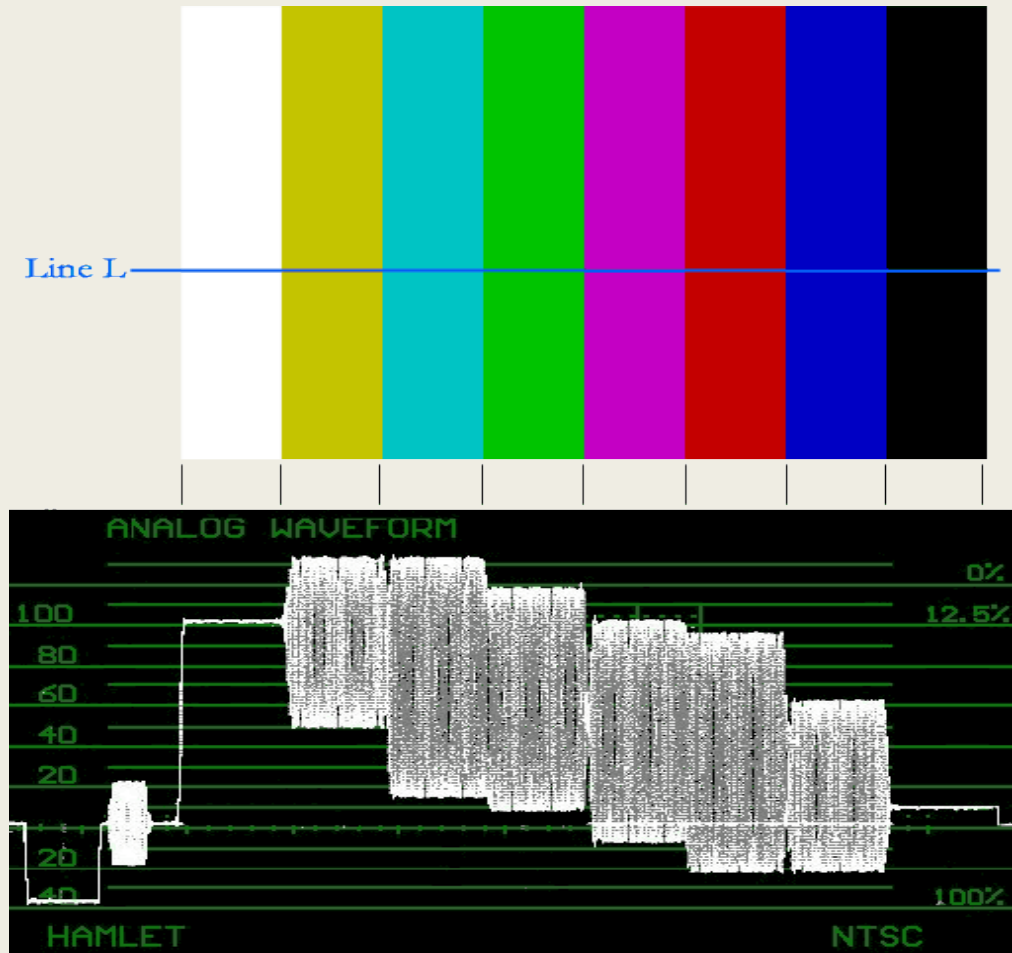
Primjer

NTSC TV standard

- National Television System Committee
- Koristio se u SAD, Japanu, Južnoj Koreji itd.
- Karakteristike:
 - *Format slike: 4:3*
 - *Skeniranje sa preplitanjem (interlaced)*
 - *Frekvencija osvježavanja 30/1,001 frejmova u sekundi, odnosno, 60/1,001 polja u sekundi*
 - *525 linija skeniranja, 485 aktivnih linija (često se koristi 480)*
 - *Efektivna vertikalna rezolucija: $485 * 0,7 = 340$ linija*
 - *Horizontalna frekvencija prebrisavanja: $525 * 30 = 15,75$ kHz*
 - *YIQ kolor-model*

NTSC TV standard Električni signal

- Vrijeme prebrisavanja linije: $63,5 \mu\text{s}$
- Aktivni video signal: $53,5 \mu\text{s}$
- Horizontalni sinhronizacioni impuls: $5 \mu\text{s}$



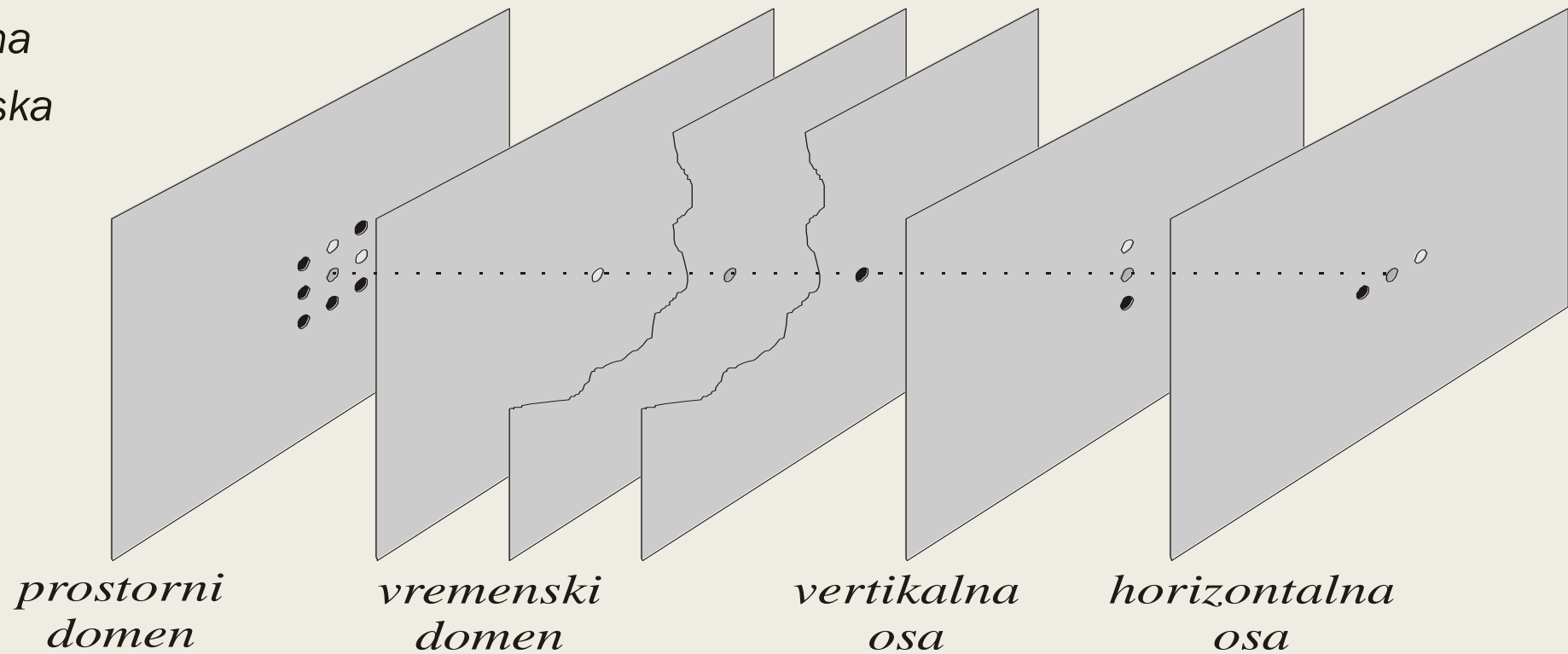
Digitalni video

- Mogućnost direktnog slučajnog pristupa (što je dobro za nelinearno editovanje – montažu),
- Nema gubitka kvaliteta pri presnimavanju,
- Bolja otpornost na šum,
- Jednostavna enkripcija,
- Slika se ne ispisuje pomoću elektronskog topa
- Nema potrebe za zatamnivanjem i sinhronizacionim impulsima,
 - *Interval zatamnivanja nije izbačen – koristi se za prenos audio signala, titlova, informacija za ispravljanje grešaka*

Prikaz pokreta

■ Odmjeravanje po tri ose:

- *Horizontalna*
- *Vertikalna*
- *Vremenska*

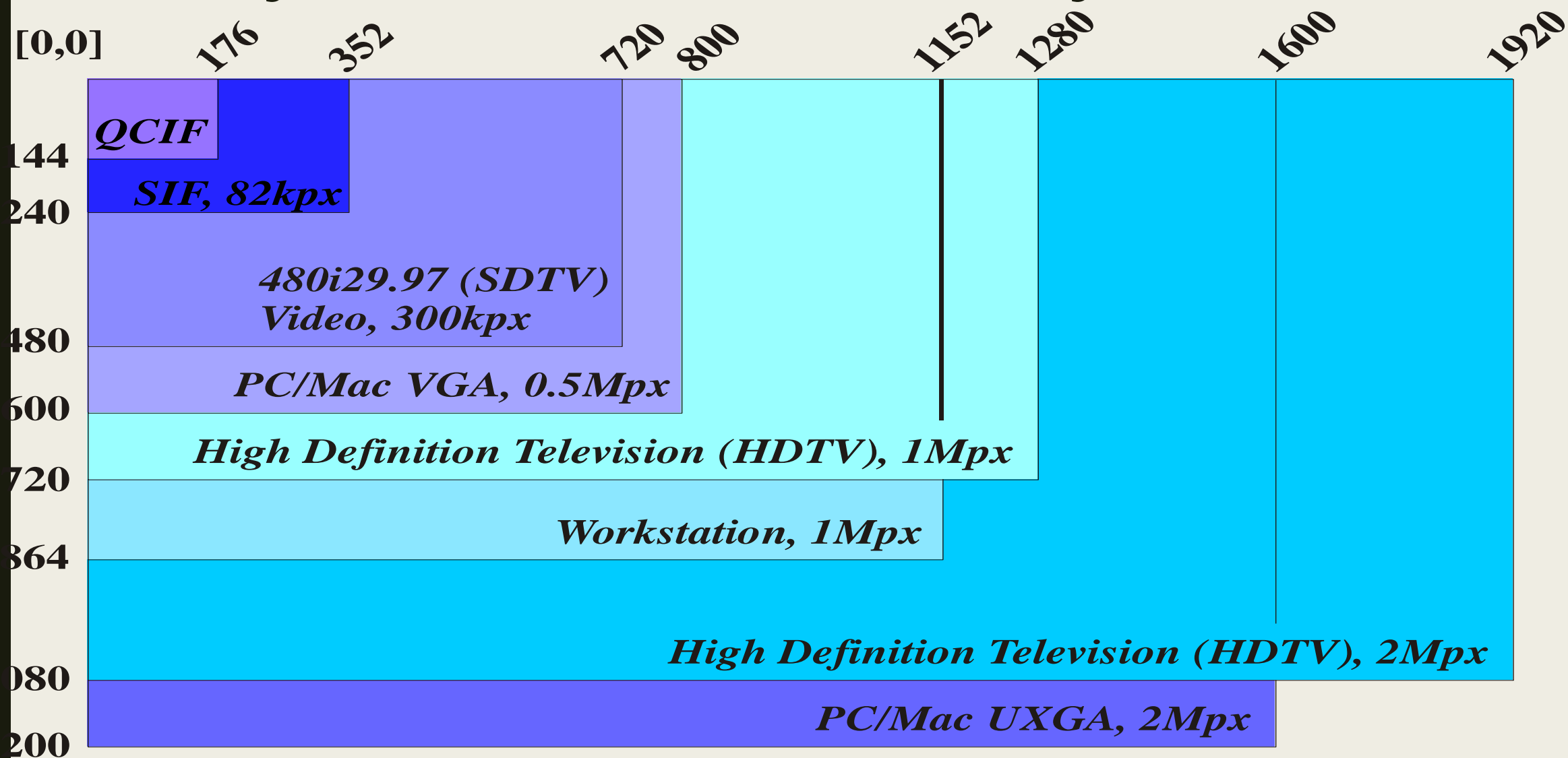


Karakteristike videa

Gustina odmjera vanja

- Broj kolona slike (broj uzoraka po aktivnoj liniji) – S_{AL}
- Broj redova slike (aktivnih linija) – L_A
- Format piksela
 - *ITU-R BT.601 (SDTV) – pravougaoni pikseli*
 - *ITU-R BT.709 (HDTV) – kvadratni pikseli*
- Broj kolona = broj redova * format slike
 - *Npr. format slike 4:3, 480 horizontalnih linija*
 - $480 * 4 : 3 = 640$

Primjeri standardnih dimenzija slike



Notacija u skeniranju

■ Računarstvo:

- *Broj piksela po širini slike x broj linija,*
- *Npr. 640x480*

■ Video:

- *Broj linija jednog frejma/polja (uključuje vertikalno zatamnjeno zaglavlje)*
- *Frekvencija pojavljivanja frejmova/polja u Hercima*
- *Oznaka da li je skeniranje progresivno (1:1) ili sa preplitanjem (2:1)*
- *Npr. 525/59.94/2:1*

■ Nova notacija:

- *Broj linija slike,*
- *Oznaka da li je skeniranje progresivno (p) ili sa preplitanjem (i)*
- *Frekvencija osvježavanja*
- *Npr. 480i29.97*
- *European Broadcasting Union (EBU): 480i/29.97*

Primjeri notacije

- Evropa: 625/50/2:1 – 576i25
- SAD i Japan: 525/59.94/2:1 – 480i29.97
- HDTV: 720p60 i 1080i30
- Formati slike nisu eksplicitno naglašeni
 - *Nekada se podrazumijevaju (720p, 1080i, 1080p)*
 - *Nekada nije definisano (480i)*

Kodovanje boje u videu

- U počecima kolor televizije signal 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
 - *Omogućava efikasnije kodovanje signala*
- YIQ, YUV i YCbCr kolor-modeli

YUV kolor-model

- YUV kodovanje boja je prvobitno korišteno za PAL analogni video
- Video signal se dijeli na luminansu (informacija o svjetlini) i hrominansu (informacija o boji)
- Najčešće se koriste gama komprimovane vrijednosti R'G'B'
- Veličina Y' se naziva **luma**

$$Y' = 0,299R' + 0,587G' + 0,114B'$$

$$U = B' - Y'$$

$$V = R' - Y'$$

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

YCbCr kolor-model

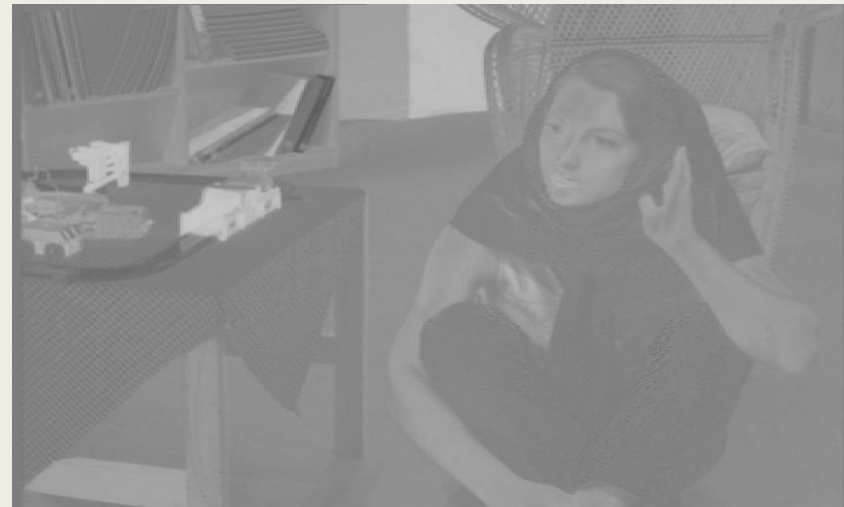
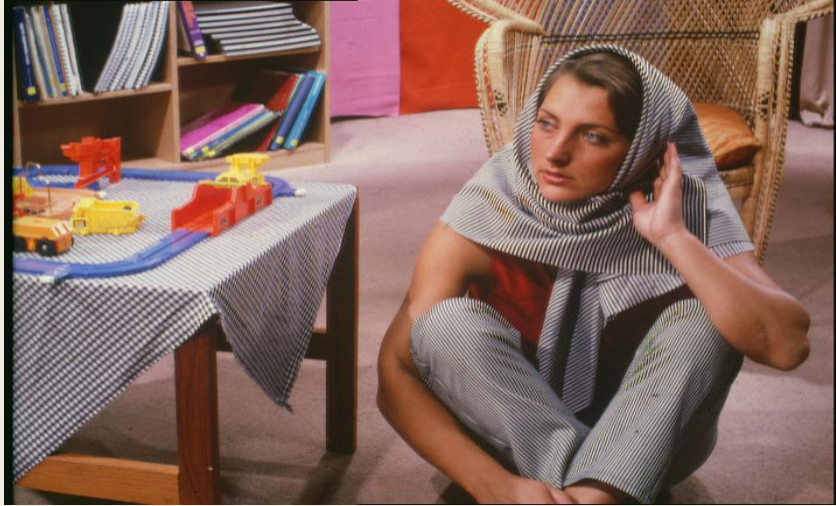
- Standard za digitalni video (ITU-R BT.601)
- Koristi se u JPEG i MPEG kompresiji
- Normalizovan YUV model

$$Cb = (B' - Y') / 1,772$$

$$Cr = (R' - Y') / 1,402$$

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

Primjer



HDTV sistemi

- Koriste se drugačiji koeficijenti za izračunavanje luma
- ITU-R preporuka BT. 709

$$Y' = 0,2126R' + 0,7152G' + 0,0722B'$$

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

Pododmjeravanje hromatskih komponenata (chroma subsampling)

- Ljudski vid ima nižu prostornu rezoluciju za boju nego za svjetlinu
- Signal se dijeli na luma (Y) i hroma (Cb, Cr) komponente
- Luminantna komponenta se zadržava
- Hrominantne komponentne se **pododmjeravaju (subsampling)**
 - *Prenose se sa nižom rezolucijom*
 - *Kompresija podataka*
- Koristi se kod analognog i digitalnog videa te u JPEG kompresiji

Primjer

Na desnoj slici hrominantna komponenta je pododmjerena 4 puta.

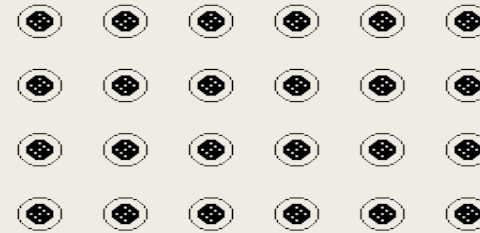


Šeme za chroma subsampling

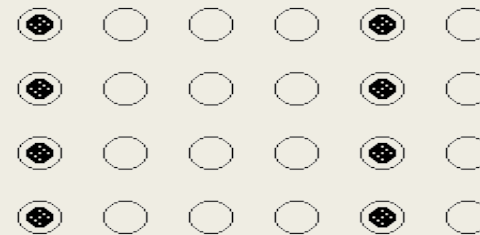
- Šema pododmjeravanja se izražava kao odnos $J:a:b$

- *Broj uzoraka luminanse i hrominanse u regionu širine J i visine 2 piksela*
- *a broj uzoraka hrominanse u prvom redu*
- *b broj promjena uzoraka hrominanse između prvog i drugog reda*

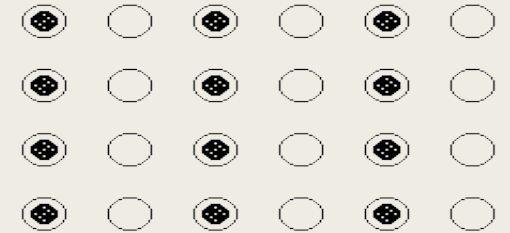
- JPEG i MPEG koriste 4:2:0



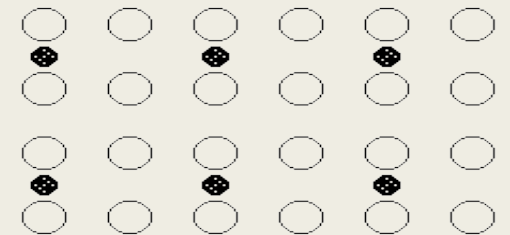
4:4:4



4:1:1



4:2:2



4:2:0

- -- Pixel with only Y value
- -- Pixel with only Cr and Cb values
- ⊗ -- Pixel with Y, Cr and Cb values

Primjer ITU-R BT.601

- Standard Међународне уније за телекомуникације за кодирање аналогног videa са преплитањем у digitalni format
- Podržani:
 - *NTSC, 525 linija, 60/1,001 Hz*
 - *PAL, 625 linija, 50/1,001 Hz*
- Format slike 4:3
- Frekvencija odmjeravanja luminanse: 13,5 MHz
 - *NTSC, 858 odmjeraka u liniji*
 - *PAL, 864 odmjerka u liniji*
 - *NTSC/PAL, 720 aktivnih odmjeraka luminanse po liniji*
 - *Pikseli nisu kvadratnog oblika*
- Frekvencija odmjeravanja hrominanse: 6,25 MHz
 - *Chroma subsampling 4:2:2*
 - *360 aktivnih odmjeraka hrominanse po liniji*
- YCbCr kolor-model
- Odmjerci su uniformno kvantovani са 8 или 10 bita
- Standard definiše primarne boje
- Korišten са MPEG i H.26x formatima kompresije (eventualno uz 4:2:0 chroma subsampling)

Primjer ITU-R BT.709

- Standard Међународне уније за телекомуникације којим је описан формат телевизије високе дефиниције (HDTV)
- Садржи системе са различитим бројем линија и начинима скенирања
 - *Неки се више не користе*
 - *Најзначајнији : 1080p и 1080i*
- Format слике 16:9
- Подржане фреквенције освјежавања: 60 Hz, 50 Hz, 30 Hz, 25 Hz и 24 Hz
 - *Подржане су и варијанте подијелјене са 1,001*
- Фреквенција одмјеравања луминансе зависи од фреквенције освјежавања: 148,5 MHz или 74, 25 MHz
- Фреквенција одмјеравања хроминансе је половина фреквенције одмјеравања луминансе
- Пиксели квадратног облика
- YCbCr kolor-model
- Оdmjerci су uniformно kvantovани са 8 или 10 bita
- Standard дефинише primarne боје
- Korišten са MPEG и H.26x formatима kompresije (eventualno уз 4:2:0 chroma subsampling)

Tipovi video signala

Komponentni video

- **Komponentni video** – svaka od tri komponente (R'G'B' ili Y'CbCr) se prenosi posebno
- Dobra reprodukcija boje
- Potreban širi propusni opseg
- Potrebna dobra sinhronizacija komponentata
- Gotovo sav digitalni video koristi komponentni video



Tipovi video signala

Kompozitni video

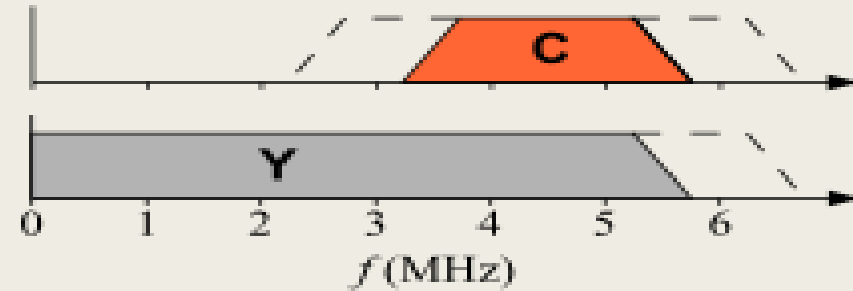
- Koristi se kod analognog videa
- Luminentna komponenta, hrominentne komponente i sinhronizacioni signali se kombinuju u jedan signal
- Istim signalom se prenosi informacija za kolor i crno-bijele TV prijemnike
- Lošiji kvalitet u odnosu na komponentni video



Tipovi video signala

S-video

- Separated video ili Y'/C video
- Kompromis između analognog komponentnog i kompozitnog videa
- Dvije linije:
 - *Luminansa*
 - *Hrominansa*
- Pобољшан квалитет слике у односу на композитни видео



Digitalna televizija

- Koristi se digitalni signal za prenos slike i zvuka
- Prednosti:
 - *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, itd.*
- Mogućnost dodavanja specijalnih efekata
 - *Chroma keying*
- SDTV i HDTV standardi
 - *SDTV je obično 480i*
 - *HDTV je više rezolucije (720p, 1080i, 4k, 8k) i u formatu 16:9*

Poboljšanja koja donosi HDTV

- Digitalni signal
 - *Otpornost na smetnje*
- Koristi 16:9 format
- Realnije boje
- Slika ima više detalja
- Bolji prikaz na većim ekranima
- Nove tehnologije snimanja na optičke medije
- Podrška za 5.1 surround zvuk

Udaljenost i ugao gledanja

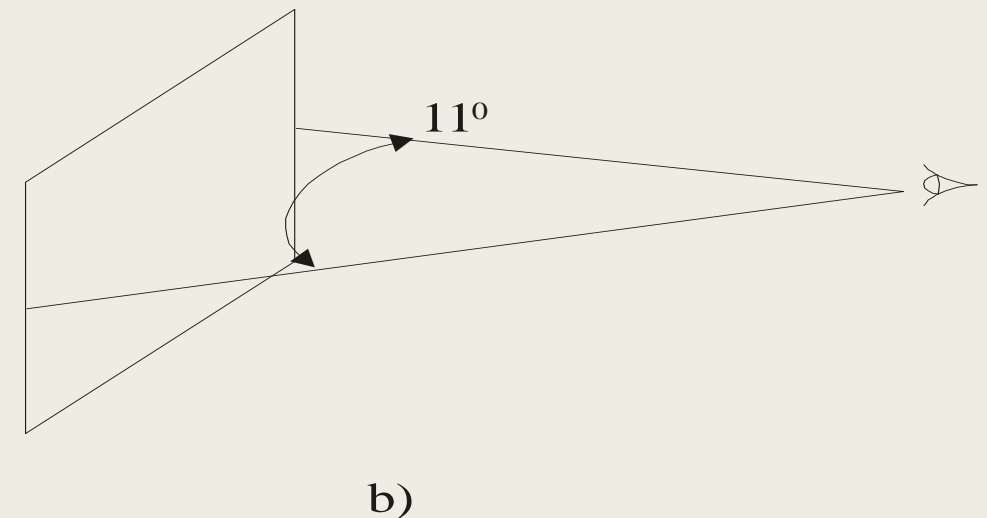
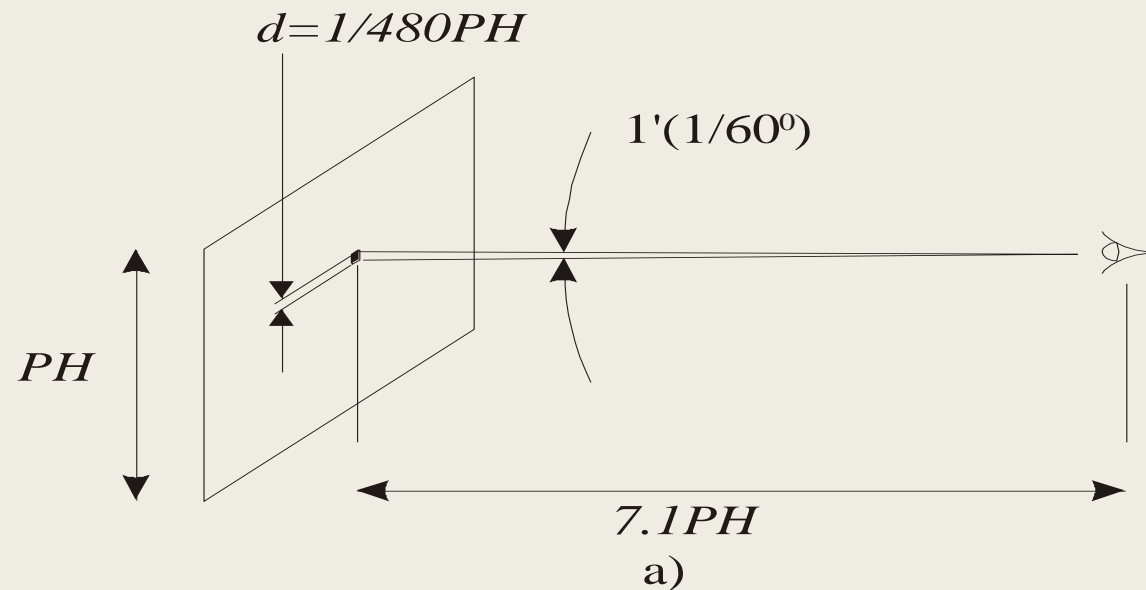
- Da se ne bi primjetila linijska struktura slike, razmak između linija, na određenoj udaljenosti posmatranja, mora zahvatati ugao manji od jednog minuta
- Udaljenost je približno:

$$udaljenost \approx 3400 \cdot d \approx \frac{3400}{ppi}; \quad 3400 \approx \frac{1}{2 \operatorname{tg} \left[\frac{1}{2 \cdot 60^0} \right]}$$

$$udaljenost \approx \frac{3400}{L_A} \times PH$$

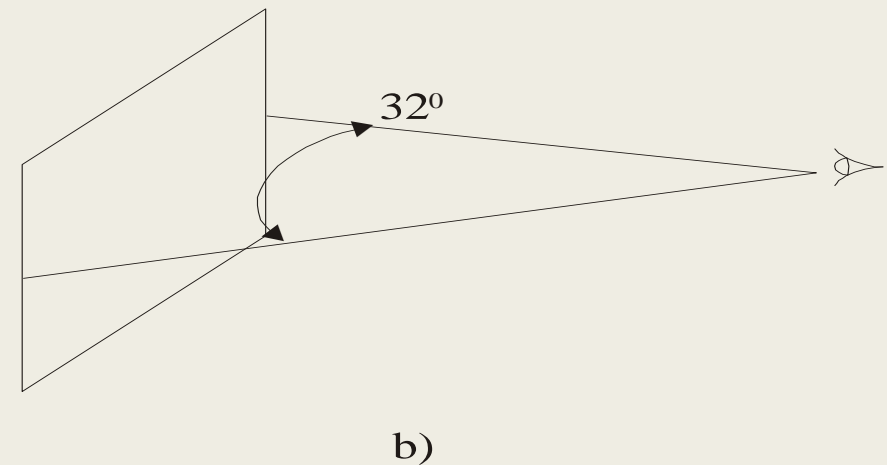
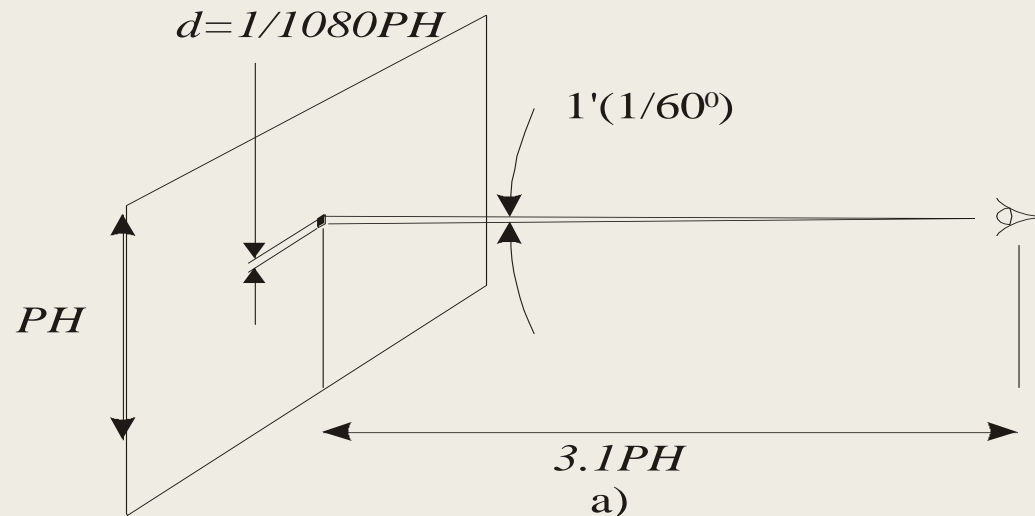
Udaljenost i ugao gledanja kod SDTV

- Format slike – 4:3
- Broj linija: 480, broj piksela: 640
- Ugao gledanja:
 - 8° po vertikali
 - 11° po horizontali



Udaljenost i ugao gledanja kod HDTV

- Format slike – 16:9
- Broj linija: 1920, broj piksela: 1080
- Ugao gledanja:
 - 18° po vertikali
 - 32° po horizontali



Video

- HTML5 поседује стандардно решење за репродукцију видео фајлова
- Прије HTML5 није постојало стандардно решење за репродукцију видео фајлова на веб страницамa
 - *Moraо se koristiti plug-in (npr. Flash)*
- За репродукцију видео фајла користи се `<video>` tag
- Подржани типови видео фајлова:
 - *MPEG-4/H.264 AVC – video/mp4*
 - *WebM – video/webm*
 - *Ogg – video/ogg*

MPEG-4/H.264 AVC video

- Formalno MPEG-4 ili H.264 Part 10, Advanced Video Coding (AVC)
- Ekstenzija .mp4
- ITU-T Video Coding Experts Group i ISO/IEC JTC1 Moving Picture Experts Group, 2003. godine
- Kompresija sa gubicima
- Dobar kvalitet slike na dvostruko manjim brzinama od ranijih standarda (MPEG-2, H.263, MPEG-4 Part 2)
- Koriste ga YouTube, Vimeo, HTML 5, Adobe Flash Player, Blu-ray, HDTV,...

Softver za konverziju formata

- Popularne besplatne opcije:
 - *Miro Video Converter* (www.mirovideoconverter.com) – konverzija različitih audio i video formata
 - *Online-Convert* (<http://www.online-convert.com/>) – online konvertor različitih formata (uključujući audio i video)