

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za računalništvo
in informatiko*



PRODUKCIJA MULTIMEDIJSKIH GRADIV (PMG)

VIDEO – 2. del

Borut Batagelj

V1.2
2022



Produkcija digitalnega videa

- Produksijski cikel
 - Skript
 - Priprava na snemanje
 - Montaža
 - Post-produkcija
- **Tehnični vidik**
 - Video standardi
 - **Kompresija videa**
 - **Montaža in postprodukcija**
 - **Distribucija**



Video kompresija

- Video moramo stisniti (skompresirati)
- Vhod=zaporedje rastrskih slik
- Dva nivoja:
 - **Prostorska kompresija** (znotraj (angl. intra-frame))
 - Kompresija rastrskih slik
 - Obdelujemo nekompresiran video (dekompresiramo)
 - Na koncu: kompresiramo
 - **Časovna kompresija** (med (angl. inter-frame))
 - Ključni okvirji (key frames) so samo prostorsko kompresirani
 - Vmesni okvirji so razlike med trenutnimi in ključnimi okvirji
- Kodeki so lahko
 - Simetrični: čas za kompresijo in dekompresijo je enak
 - Asimetrični: kompresija zahteva (veliko) več časa kot dekompresija



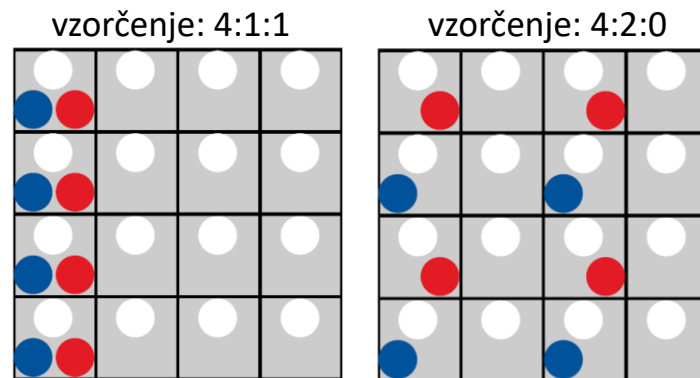
Prostorska kompresija

- Prostorska kompresija temelji na DCT (npr. JPEG)
- Samo prostorska kompresija z JPEG = MJPEG (Motion JPEG)



DV – boljše kot MJPEG

- Tudi uporablja samo prostorsko kompresijo
- Uniformna bitna hitrost: 25 Mbit/s
- Podvzorčenje barvitosti
 - 4:1:1 pri NTSC, 4:2:0 pri PAL
- Postopek:
 - DCT na blokih 8x8, kvantizacija (izgubno), metoda čet (Run-length-RLE) in Huffmanovo kodiranje
 - 2 izboljšavi
 - Na statičnih okvirjih se DCT opravi na 8x8 bloku, na dinamičnih pa na dveh 8x4 blokih=boljša kompresija okvirjev v gibanju
 - Video segmenti: razporejanje 8x8 blokov iz petih različnih regij – natančnost koeficientov se enakomerno razporedi po sliki





Časovna kompresija

- Osnava je standard MPEG-1
- Razlika med okvirji
 - Veliko homogenih regij, kjer je razlika 0

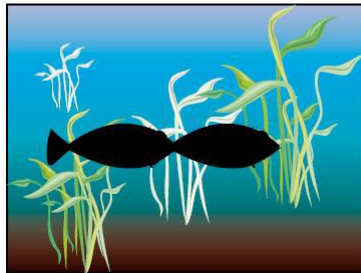
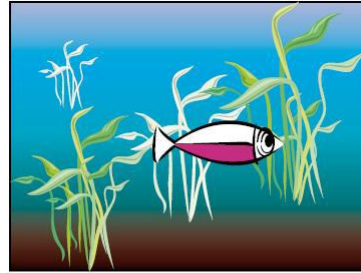
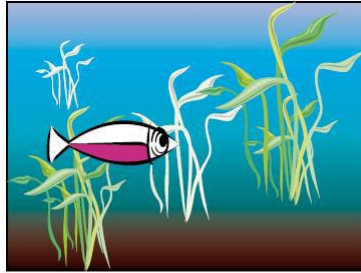


- Dve vrsti okvirjev
 - **I-slike** (I-pictures, I za intra): samo prostorsko kompresirane
 - **P-slike** (P-pictures, P za predictive): napovedane slike, na osnovi predhodnih I-slik ali P-slik



Kompenzacija gibanja

- Velikokrat se premikajo samo posamezni objekti na slikah



razlika med okvirjema

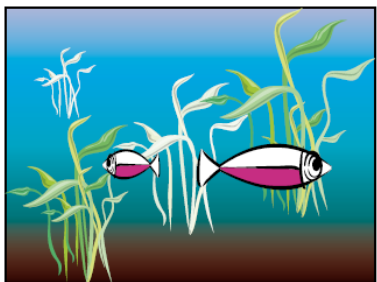
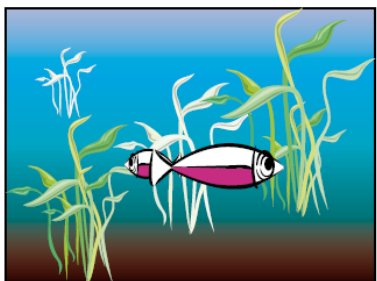
razlika + kompenzacija gibanja

- Shranimo lahko samo objekt in vektor premika
- Na realnih slikah je zelo težko detektirati te objekte
- Kompenzacija gibanja se zato uporablja na makroblokih velikosti 16x16 slik. elementov

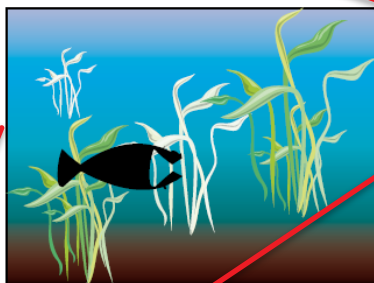


Napovedovanje slik

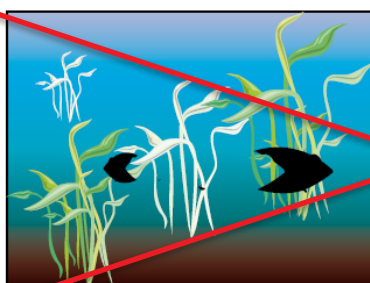
- Napovedujemo lahko slike iz prejšnjih slik
- ali iz naslednjih slik



rekonstrukcija 2. okvirja iz 1. okvirja



rekonstrukcija 2. okvirja iz 3. okvirja



rekonstrukcija 2. okvirja iz 1. in 3. okvirja



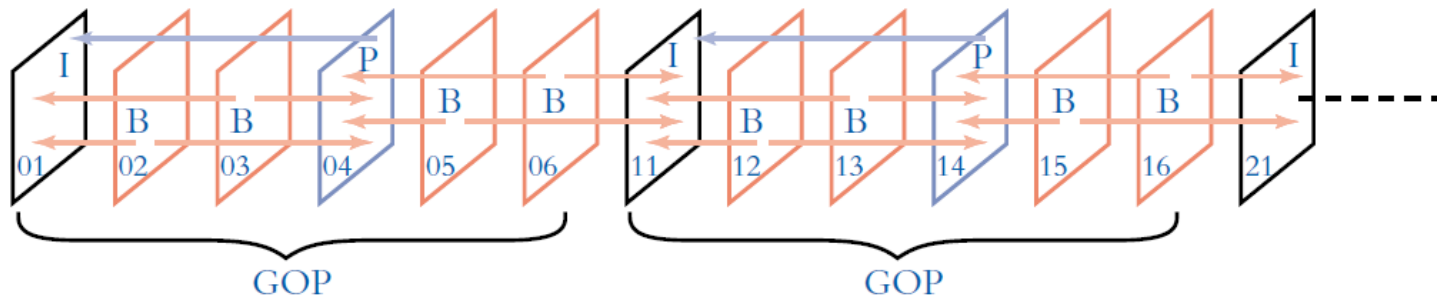
Najboljša je kombinacija obojega

Poleg I in P slik še **B slike** (B-pictures, B za bi-directionally predictive)



Zaporedje slik

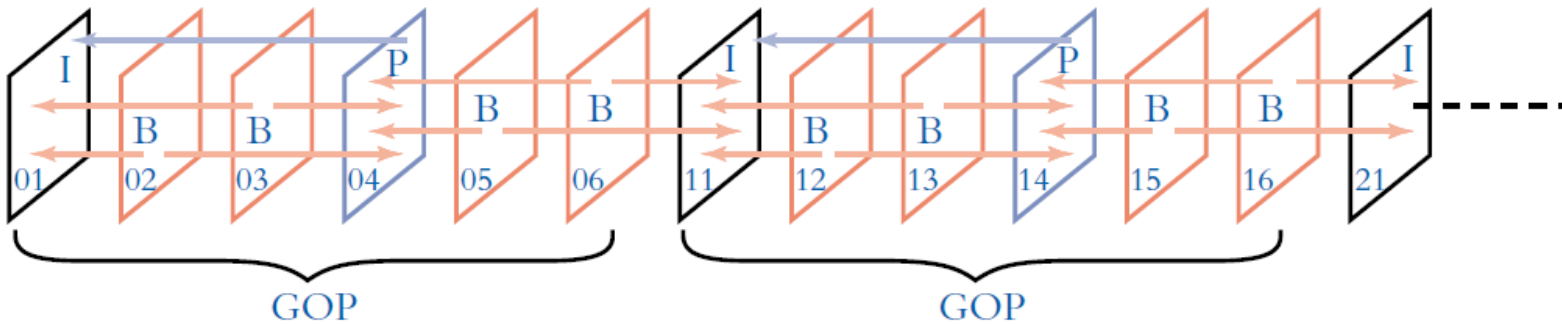
- Video je zakodirano zaporedje I-, P-, in B- slik
- Ponavljajoč vzorec = GOP (Group of Pictures)
- Vzorec se ponavlja
 - IBBPBBPBB
 - IBBPBBPBBPBB
 - Bolj napredni kodirniki prilagajajo vzorec (pogostost I-slik glede na vsebino zaporedja)
- Primer: IBBPBB



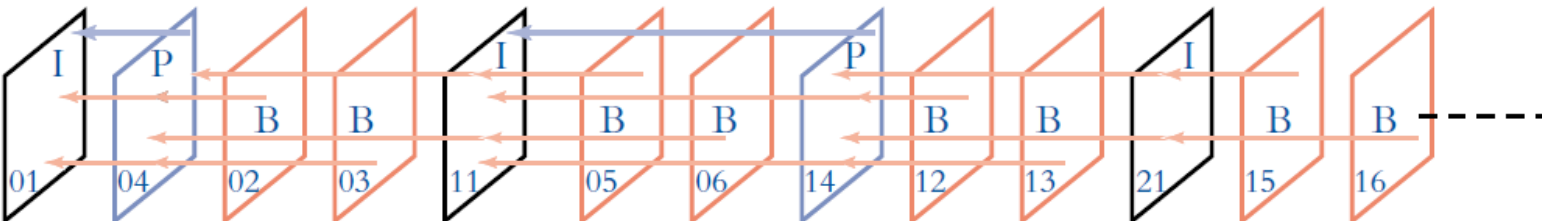


Vrstni red vzorca

- B-slika potrebuje tudi slike iz prihodnosti
 - Dva tipa vrstnega reda
- Vrstni red za prikaz (*display order*)



- Vrstni red za prenos (*bitstream order*)





The story of two groups - MPEG and VCEG						
Year	MPEG	Part	Layer/Profile/Type	Usage	VCEG	Variants
1984	Not formed	Practically not useful			H.120	
1988	Not formed	Videoconferencing			H.261	
1993	MPEG-1	VHS and Television Recording				
		Part 1	Systems			
		Part 2	Video	VCD	H.261	
		Part 3	Audio			
			Layer 1			
			Layer II			
			Layer III	MP3		
1999	MPEG-2	Broadcast, Distribution, DVD				
		Part 1	Systems			
			Program Stream			
			Transport Stream			
		Part 2	Video		H.262	HDV, XDCAM
		Part 3	Audio			
			Layer 1			
			Layer II			
			Layer III	MP3		
2004	MPEG-4	Broadcast, Internet, Blu-ray				
		Part 1	Systems			
		Part 2	Video		H.263	HDCAM SR
		Part 3	Audio			
		Part 10	Advanced Video Coding	MPEG-4 AVC	H.264	AVCHD, XAVC
		Part 14	MP4 Container	MP4		
2013	MPEG-H	Part 2	Video	HEVC	H.265	

Copyright © Sareesh Sudhakaran 2013



MPEG-1

- Pred kompresijo (NTSC):
 - Podvzorčenje barvitosti 4:2:0
 - velikost okvirja: 352x240 (polovica 704x480)
 - število slik na sekundo: 30 fps
- max. prenos hitrost: 1.86 Mbit/s
- Format SIF (Source Input Format)
 - Video format ki omogoča shranjevanje in prenos digitalnega videa
 - 625/50 SIF format ([PAL/SECAM](#)) resolucija (360 ali) 352 x 288 aktivnih slik. elementov in osveževanje 25 okvirjev na sekundo
 - 525/59.94 SIF format ([NTSC](#)) ima resolucijo (360 ali) 352 x 240 aktivnih slik. elementov in osveževanje 29.97 okvirjev na sekundo
 - QVGA PAL (kvadratni slik. elementi): 384x288, , NTSC: 320x240
- link: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e5/Vector_Video_Standards2.svg



MPEG-4

- MPEG-4 je bolj ambiciozen standard
 - Posamezni objekti se obravnavajo ločeno
 - Video, slike, animacija, teksture, 3D modeli, ...
 - Vsak objekt se kompresira v optimalni obliki
 - Omogočena je lažja interakcija
- MPEG-4 **Part 2**
 - Višji profili: ločijo sceno na video poljubne oblike (ločijo osebo od ozadja)
 - Vsak del se kompresira s svojim algoritmom; bolj učinkovito
 - Nižji profili: omejitev na pravokotne objekte
 - QuickTime, DivX
 - Izboljšani algoritmi za kompresijo
 - Globalna kompenzacija gibanja
 - Premikanje kamere in približevanje kadra
 - Se modelira kot transformacija originala (nekaj parametrov)
 - Natančna (sub-pixel) kompenzacija gibanja



H264/AVC

- **MPEG-4 Part 10** oz. H.264/AVC
 - Izboljšana verzija MPEG-4 Part 2
 - Najboljša MPEG2 kvaliteta s pol manjšo bitno hitrostjo
 - Različne velikosti blokov za kompenzacijo gibanja
 - Uporaba kateregakoli okvirja iz slovarja okvirjev (P ali B)
 - Lahko uporabi več okvirjev ne samo enega pred in enega za
 - B okvir lahko uporablja drugi B okvir
 - Izboljšava pri prostorski kompresiji okvirjev
 - Boljša transformacija od DCT (8x8, 4x4)
 - Logaritmična kvantizacija
 - Brezgubno stiskanje koeficientov z različnimi alg.
 - Filter de-blocking
 - Za najboljše rezultate je potrebno več prehodov skozi video
 - multi-pass, single-pass



HEVC/H265



MPEG-H Part 2 oz. HEVC/H.265

- Izboljšana verzija AVC (MPEG-4 Part 10)
 - Pri enaki kvaliteti pol manjša datoteka ali pri enaki boljša kvaliteta
- **kompensacijo gibanja**
 - Referenca na bloke znotraj okvirja (intra-prediction)
 - Referenca na bloke drugega okvirja (inter-prediction)
 - Bloki različnih velikosti, do velikosti 64 x 64 elementov
 - Napovedani bloki se lahko zakodirajo z različnimi velikostmi
 - **Vektorji premikanja** so kodirani z večjo natančnostjo (35 v primerjavi s prej 9 smeri)
 - Nova metoda: Adaptive Motion Vector Prediction
 - Izboljšan filter de-block
 - Dodaten filter: Sample Adaptive Offset (napravnosti na robu blokov)



Drugi video kodeki: **WMV9**



Windows Media 9 (WMV9, VC-1)

- Veliko idej iz H.264/AVC
- Uporaba različnih kvantizacij
- DCT na 8x8, 2*8x4, 2*4x8, 4*4x4
- detekcija in modeliranje prehodov z zatemnitvijo (fade)
- Standard VC-1 (SMPTE)
- Obvezen za Blu-Ray predvajalnike (poleg MPEG2 in H.264/AVC)



Drugi video kodeki: **On2 VPx**



- On2 VP6
 - Uporabljen za FlashVideo
 - Ni standardiziran, je avtorsko zaščiteno
 - DCT prostorska kompenzacija, kompenzacija gibanja
 - Ne podpira B-slik
 - Enostaven za dekodiranje (dekompresijo)
- On2 VP3
 - Osnova za Open Source: *Ogg Theora* kodek
 - Prost za uporabo
 - DCT prostorska kompresija, podpira samo I- in P-slike
- On2 VP7,8,9
 - Februarja 2010 prevzel Google
 - Primerljiv z MPEG-4 AVC (H.264) in VC-1
 - Maj 2010 Open Source (WebM, HTML5 <video>)
 - YouTube, Android (>4.4 KitKat)



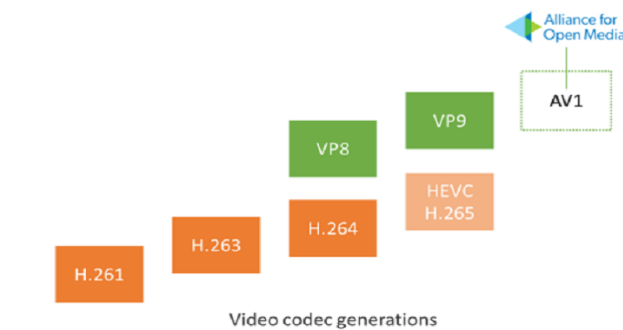


Drugi video kodeki: **AV1**




- **AOMedia Video 1 (AV1)**

- 2015: Združenje za odprtost multimedijskih standardov
- sodelujejo skoraj vsa največja tehnološka imena na svetu in nosilci video platform: Netflix, Amazon, Hulu, YouTube in Facebook
- VP10, [Daala](#) ([Xiph](#)/[Mozilla](#)) and [Thor](#) ([Cisco](#))
- Nasledil VP9 (25-35 %)
- Primerljiv formatu H.265 (20% boljši) in 50% boljši od H.264
- Odprtokodna
- Format za slike (resna konkurenca formatu JPEG)
- Apple (slikovni format **HEIC**)





Kvaliteta

 AV1 vs. H.265 vs. H.264

- Kateri kodek je najboljši?
- Različni kriteriji
 - Kvaliteta slike
 - Bitna hitrost oz. velikost datoteke
 - Hitrost kompresije
 - Kompleksnost dekompresije
 - Prenosljivost/razširljivost predvajalnikov
 - Fleksibilnost parametrov
 - Prijaznost za uporabo
 - Odvisnost od vrste vhodnega videa (dinamičnost...)
- **Vsi moderni kodeki proizvedejo zelo dober skompresiran video (primerljiv z DV kvaliteto) pri bitni hitrosti 2Mbps**
- 2Mbps je primerna bitna hitrost za video v multimediji
- **What bitrate should I use when encoding my video?**



Kompresiran visoko kvalitetni video



Original



H.264/AVC



WMV 9



On2 VP6



Prevelika kompresija

- Kompresija na 256 kbps

– H.264/AVC



– On2VP6





Povzetek 1/3

- Sodobni video kodeki uporabljajo prostorsko (znotraj) in časovno kompresijo (med).
- Pred samo kompresijo se uporablja pod-vzorčenje barvnosti.
- Prostorska kompresija običajno temelji na diskretni kosinusni transformaciji (DCT), podobno kot JPEG.
- Standard DV uporablja zgolj prostorsko kompresijo. Uporablja različico DCT, z različno velikimi in pomešanimi bloki, da se izenači spremembe v okvirju.
- Časovna kompresija temelji na razliki med okvirji namesto, da se shranjuje vsak okvir v celoti.
- Pri standardu MPEG se uporablja terminologija I-slike, ki je samo prostorsko stisnjena in P-slike, ki se izračuna iz predhodne I ali P slike.



Povzetek 2/3

- Kompenzacija gibanja je tehnika, kjer se vzame v obzir premik objektov na izračunanih razlikah med okvirji kot vektor premika.
- Obstoječi kodeki izvajajo kompenzacijo gibanja na makroblokih (16x16) zaradi tega ker posameznih objektov ne moremo enostavno prepoznati.
- B-slike upoštevajo pri izračunu razlike in kompenzaciji gibanja, poleg predhodnih, tudi naslednje okvirje.
- Video sekvenca se zakodira kot skupina slika (GOP). Če se uporablja tudi B-slika, je potrebno pri dekodiranju preurediti vrstni red za prikaz.
- MPEG-4 2. del uporablja za izboljšanje kvalitete napram MPEG-1 in MPEG-2 še globalno kompenzacijo gibanja in kompenzacijo gibanja na podpikslih.



Povzetek 3/3

- H.264/AVC za izboljšavo dodaja še nekaj dodatnih tehnik, kot so različne velikosti blokov za transformacijo in kompenzacijo gibanja, filter za zgladitev blokov (de-blocking).
- Windows Media 9 (imenovan tudi kot standard VC-1) uporablja podobne izboljšave.
- On2 VP 9 primerljiv z H.264/AVC in VC-1 in prosto dostopen.
- Vsi moderni kodeki zakodirajo video odlične kvalitete pri bitni hitrosti 2Mbps ali višji.
- Priporoča se od 2Mbps – 2.5Mbps



Montaža in postprodukcija

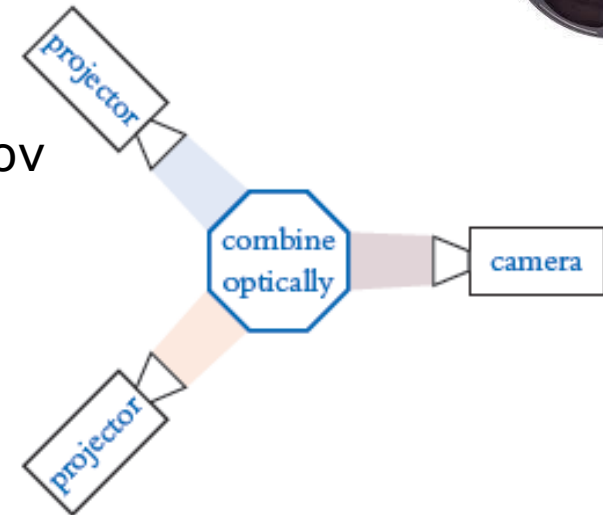
- Montaža videa
 - Proces izdelave celotnega filma iz zbirke kratkih video izsekov:
 - Izbor izsekov
 - Krajšanje
 - Organizacija izsekov
 - Sinhronizacija slike in zvoka
 - Prehodi med posnetki
 - **Na samih posnetkih se ne naredi nobena sprememba**
- Postprodukcija
 - Spreminjanje originalnega materiala in dodajanje novega
 - Popravljanje slik (barve, kontrast, zameglitev, ostrenje, ipd.)
 - Sestavljanje več posnetkov v enega
 - Vstavljanje slik/animacij
 - Specialni učinki (efekti)



Tradicionalna montaža



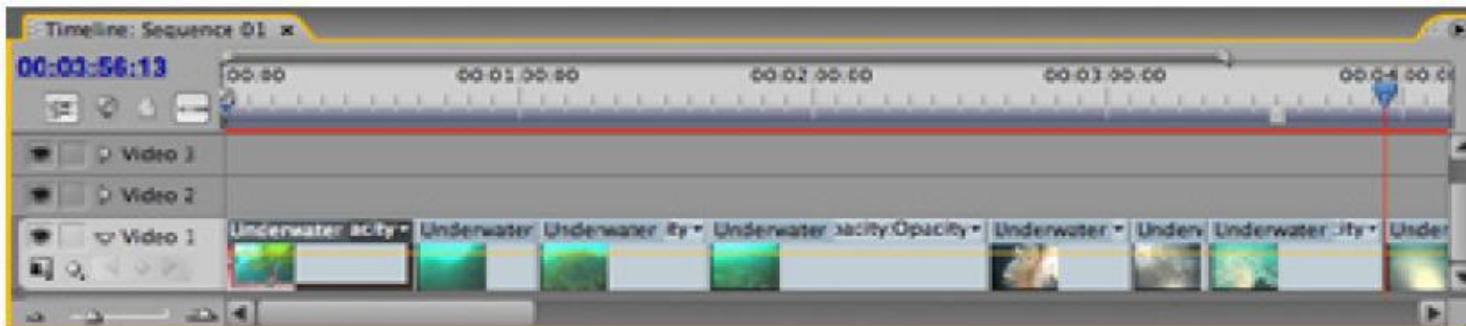
- Tradicionalna filmska montaža
 - Rezanje in kombiniranje filmskih trakov
 - Prehodi med kadri: optični printer
 - Optični filtri
 - Posebni laboratorij
- Montaža analognega videa
 - Uporaba več (treh) magnetofonov hkrati
 - Prevertavanje naprej in nazaj
 - Kombiniranje elektronskih signalov – elektronski filtri
 - Rezultat viden takoj
 - Potrebno natančno označevanje pozicij na traku
 - SMPTE timecode: hh:mm:ss:ff (01:36:12:05)





Montaža digitalnega videa

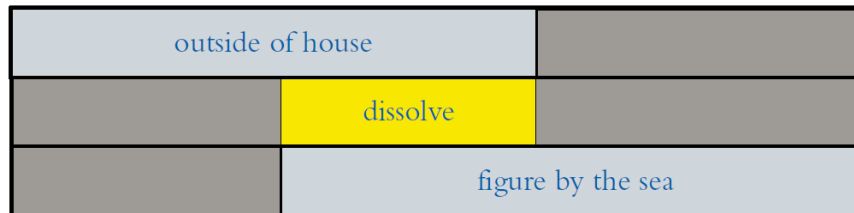
- Poljubno spreminjanje zaporedja sekvenc
- Ne poslabšamo originalnega materiala!
- Rezultate montaže vidimo takoj
- Video formati ločijo video posnetek od parametrov sledi
- Koraki pri montaži videa
 - Uvoz video izsekov v projekt
 - Krajšanje izsekov (začetne (in) in končne (out) točke)
 - Postavljanje izsekov na časovni trak
 - Lahko dodamo tudi slike
 - Kombiniranje videa in zvoka
 - Urejanje prehodov med kadri
 - Kompozicije in popravki





Prehodi med kadri

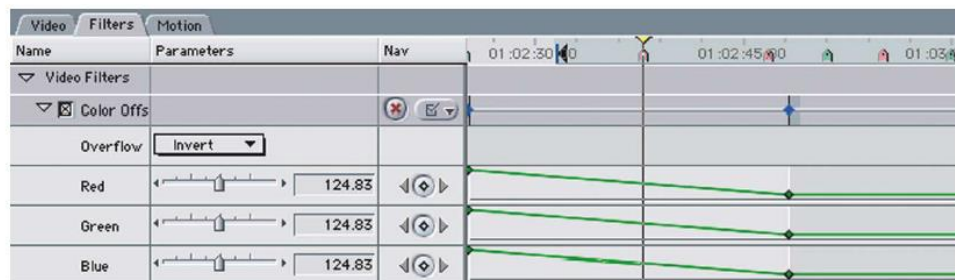
- Oster prehod med kadri
 - Drugi kader se začne takoj, ko se konča prvi
- Prehodi med kadri
 - Mehki, animirani prehodi
 - Kadri se deloma prekrivajo med seboj (dovolj okvirjev!)
 - Prehod v črnino in iz črnine – poudarijo trajanje
 - Okvirji v prehodu se „rendirajo“





Postprodukcija

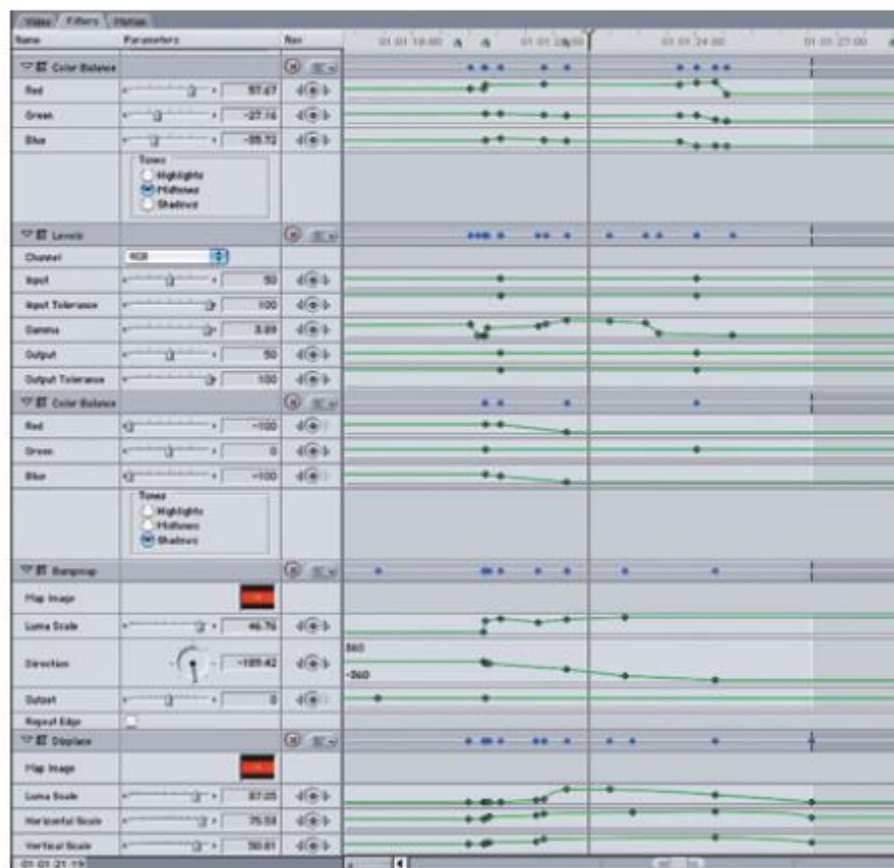
- Popravljanje napak nastalih med snemanjem in pri digitalizaciji (nepravilna osvetlitev, čas ekspozicije, nastavitve goriščne razdalje, barv).
 - Podobno kot pri orodjih za urejanje slik
 - Nadzor s parametri, ki se lahko spreminjajo skozi čas
 - Parametre določimo na ključnih okvirjih, vmes se interpolirajo





Nadzor parametrov

- Nadzor parametrov skozi čas je lahko zelo kompleksen





Kombiniranje posnetkov

- Chroma keying
 - Modri (ali zeleni) zaslon
 - Vstavljanje enega posnetka v drugega
- Luma keying
 - Transparentno ozadje določa svetlost slikovnih elementov
- Matte
 - Maska v katero se ustavlja drugi posnetek





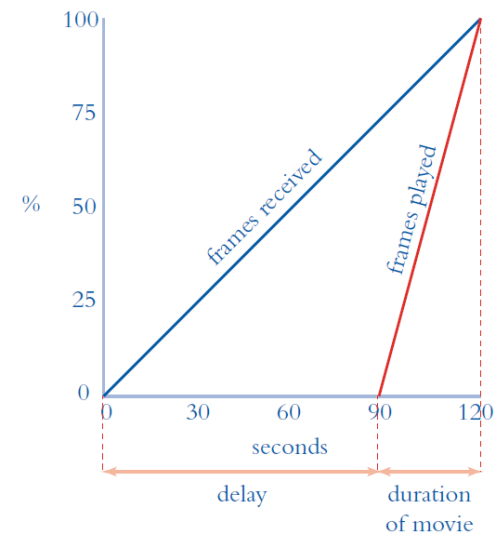
Distribucija videa

- Tradicionalni načini distribucije videa
 - Televizija
 - DVD
- Video hranimo v datoteki
 - Pretakanje preko mreže (interneta)
- Pretočni video
 - Se prikaže in se **ne** shrani na računalnik
 - Video v živo
 - Video konferenca
 - Potrebuje zadostno pasovno širino



Progresivni **proti** pretočni video

- Vgrajeni video (embedded video)
 - Se ne predvaja dokler se ne prenese v celoti
- Progresivni prenos (progressive download oz. HTTP streaming)
 - Se začne predvajati med nalaganjem
 - Datoteka se shrani na disk
 - Ni primeren za video v živo
- Pravi pretočni video (true streaming video)
 - Se ne shrani na disk
 - Video v živo
 - Video na zahtevo
 - Prosti dostop do kateregakoli dela videa
 - Zahteva poseben strežnik za pravi pretočni video





Arhitekture za multimedijo

- Arhitektura določa
 - API za zajemanje, kompresijo in predvajanje multimedije
 - Enega ali več kodekov
 - [Kontejner](#) za shranjevanje podatkov
 - Lahko vsebuje več kodekov, ne samo lastne
 - Pretočni strežnik
 - Programska oprema za predvajanje (in zajemanje ter enostavno urejanje)
- Temeljijo na komponentah
 - Enostavno dodajanje novih komponent (kodekov)



Video kontejnerji

- Kontejner format vsebuje meta podatke, ki določajo kako so različni podatkovni elementi in metapodatki urejeni v datoteki
 - Video
 - Zvok
 - Podnapisi
 - Slike
- Primerjava različnih

	MPEG-1	MPEG-2	MPEG-4 (A)SP	H.264/ MPEG-4 AVC	H.265/ HEVC	VC-1/ WMV	Real Video	Theora	Microsoft MPEG4 V2	VP8	VP9	MVC
AVI	Yes	Yes	Yes	Yes ^[41]	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	?
Matroska	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes ^[42]
MP4	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes ^[43]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
MXF	Yes	Yes	Yes	Yes	?	Yes	No	?	?	?	?	?
Ogg	Yes	Yes	Yes	Yes	?	Yes	No	Yes	?	?	?	?
QuickTime	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	?	?	?	?

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_container_formats



Arhitecture (frameworks)

- **QuickTime**, AVFoundation
 - Kontejner: MOV datoteke (.mov)
 - Predvajalnik: QuickTime Player
 - Platforme: Machintosh in Windows OS
- VfW, **DirectShow**, Media Foundation (Vista, Win7,8,10)
 - Kontejner: ASF, video WMF = WMV
 - Predvajalnik: Windows Media Player
 - Platforma: Windows
- OGG datoteke
 - Kodek: Theora, odprtokodna platforma
- FFmpeg
 - Platforma: tudi Linux, odprtokodna arhitektura
- GStreamer



Formati za posredovanje

- Formati za posamezne platforme:
 - Mobilni telefoni: 3GP
 - iPod predvajalniki: QuickTime, H.264/AVC
 - Računalniki: veliko možnosti
 - Apple: MOV
 - Windows: WMV
- Za heterogene sisteme sta najbolj primerna:
 - MP4 (z H.264/AVC)
 - DirectShow
 - QuickTime
 - Odprtokodni predvajalniki

Za pretakanje preko mreže je smiselno kreirati več verzij z različnimi bitnimi hitrostmi





Izračun: vzorčenje barvitosti

kompresija

PAL	w	h	fr	bits na kanal	Y	Cr	Cb	bits	Mbits	
nekompresirano	720,00	576,00	25,00	8,00	1,00	1,00	1,00	248832000	248,832	
4:2:2	720,00	576,00	25,00	8,00	1,00	0,50	0,50	165888000	165,888	
4:2:0	720,00	576,00	25,00	8,00	1,00	0,25	0,25	124416000	124,416	
										kompresija=1:5
								DV standard	24,8832	



Izračun: bitna hitrost za H.264 video

- Formula: [THE KUSH GAUGE](#)

$\text{širina} * \text{višina} * \text{FPS} * \text{premik (1,2 ali 4)} * \text{konstanta (H.264=0.07)} / 1000 = \text{končna bitna hitrost v kilobitih na sekundo (kbps)}$

VBR (variable bitrate):

$\text{min} = 75\% * \text{končna bitna hitrost}$

$\text{max} = 150\% * \text{končna bitna hitrost}$

Konstante za druge kodeke:

HEVC: 0.045

VC-1: 0.075

MPEG-2: 0.136 ali 0.116 (industrijski standard)



Priporočene bitne hitrosti za standardne velikosti formata H.264

Velikost okvirja	Bitna hitrost	Velikost datoteke
320x240 pixels	400 kbps	3MB / minute
480x270 pixels	700 kbps	5MB / minute
1024 x 576 pixels	1500 kbps	11MB / minute
1280x720 pixels	2500 kbps	19MB / minute
1920x1080 pixels	4000 kbps	30MB / minute