

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za računalništvo
in informatiko*



PRODUKCIJA MULTIMEDIJSKIH GRADIV (PMG)

VIDEO – 2. del

Borut Batagelj

V2.0
2026



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



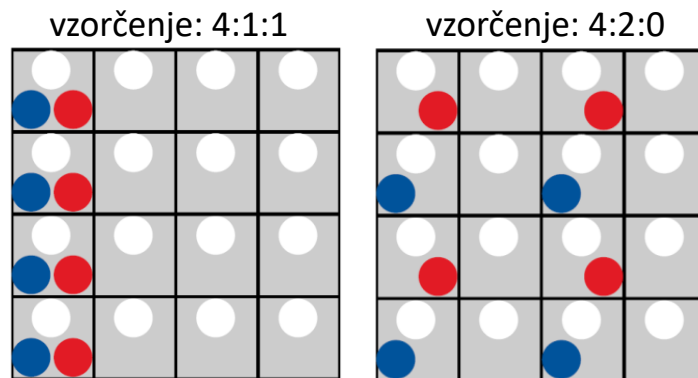
Prostorska kompresija

- 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

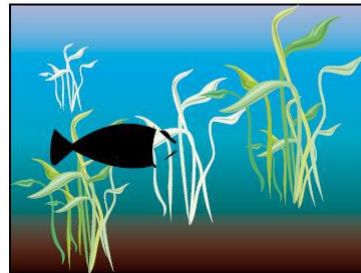
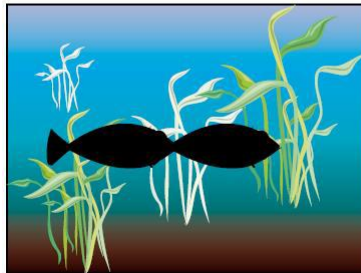
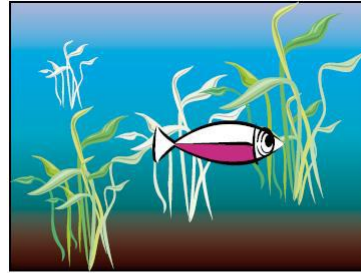
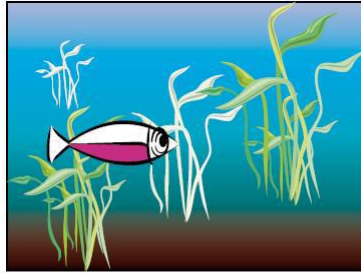


- Dve vrsti okvirjev
 - **I-slike** (I-pictures, I za intra): samo prostorsko kompresirane
 - **P-slike** (P-pictures, P za predictive): napovedane slike, na osnovi predhodnih I-slik ali P-slik



Kompenzacija gibanja

- Velikokrat se premikajo samo posamezni objekti na slikah



razlika med okvirjema

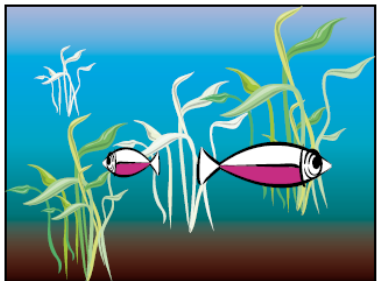
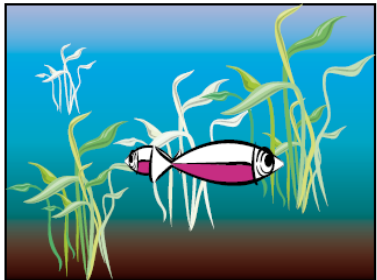
razlika + kompenzacija gibanja

- 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

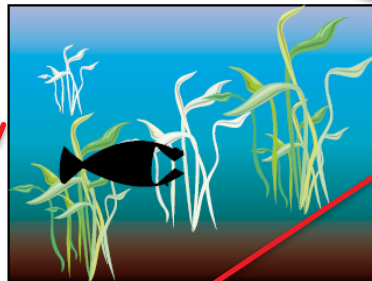


Napovedovanje slik

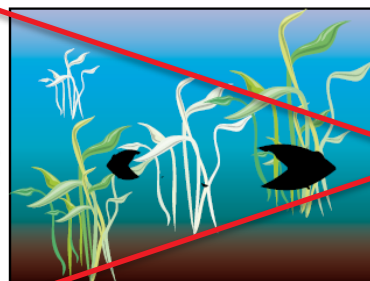
- Napovedujemo lahko slike iz prejšnjih slik
- ali iz naslednjih slik



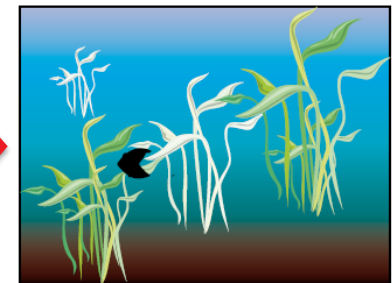
rekonstrukcija 2. okvirja
iz 1. okvirja



rekonstrukcija 2. okvirja
iz 3. okvirja



rekonstrukcija 2. okvirja
iz 1. in 3. okvirja



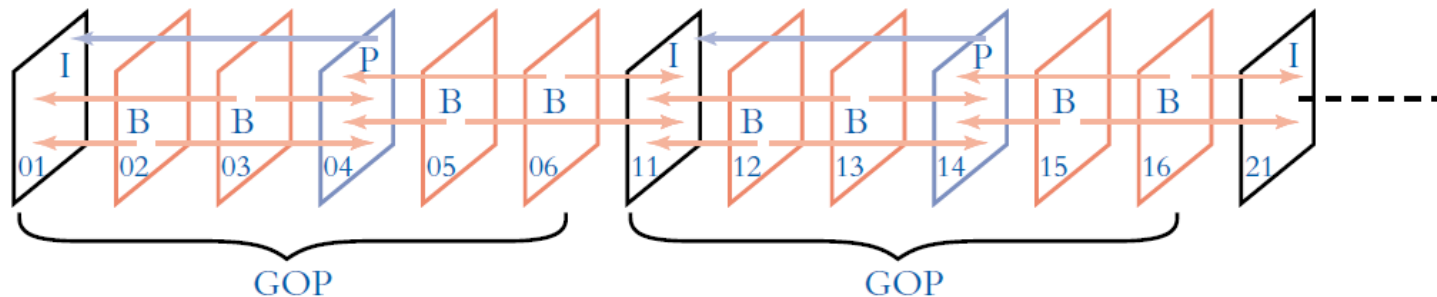
Najboljša je kombinacija obojega

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



Zaporedje slik

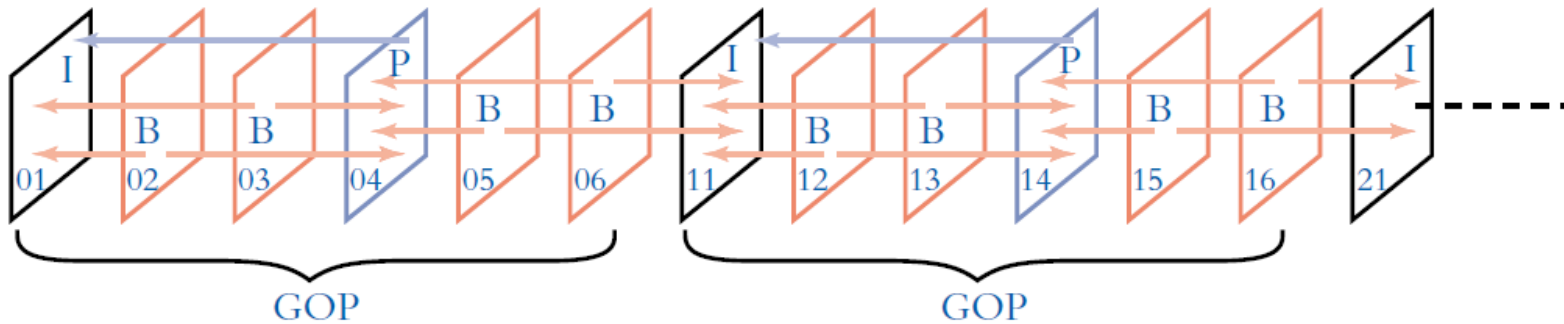
- Video je zakodirano zaporedje I-, P-, in B- slik
- Ponavljajoč vzorec = GOP (Group of Pictures)
- Vzorec se ponavlja
 - IBBPBBPBB
 - IBBPBBPBBPBB
 - Bolj napredni kodirniki prilagajajo vzorec (pogostost I-slik glede na vsebino zaporedja)
- Primer: IBBPBB



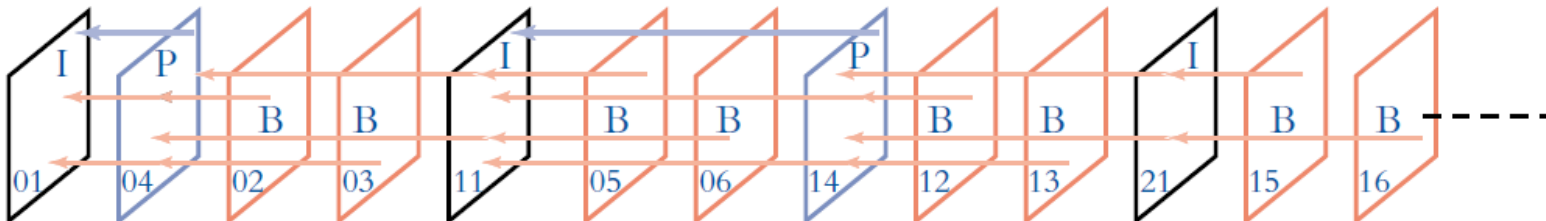


Vrstni red vzorca

- 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



kompenzacija gibanja v MPEG1

- Razdelitev slike na bloke (makrobloke: 16x16)
- za vsak blok okvirja (P, B)
 - iskanje najboljšega ujemanja v (I, P) znotraj +/- 15 pixlov
 - gre za brute-force iskanje (metrika: **SAD** ali MSE)
- shrani vector gibanja (+Huffmanovo kodiranje)
- shrani se napaka napovedi (razlika) (+DCT kompresija)



kompensacija gibanja v MPEG

Standard	Kompensacija gibanja	Natančnost	Prilagodljivost
MPEG-1	16x16 bloki, celopikselna	± 15 px	fiksni bloki
MPEG-2	podpora pol-piksela	± 15 px	večje možnosti
H.264	sub-pikselna (1/4 px), adaptivni bloki (4x4 do 16x16)	± 64 px	zelo prilagodljivo



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: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Vector_Video_Standards.svg



MPEG-2

- MPEG-2 razširitev in izboljšava MPEG-1
 - digitalna TV (SD in HD)
 - satelitski prenosi
 - broadcasting in interlaced video
- podpora za prepleteni video (interlaced)
- Posebne metode za kodiranje polj (fields): motion compensation za ločena polja
- Naprednejša kompenzacija gibanja
 - Pol-pikselna natančnost
 - Ločena kompenzacija za polji
- podpira frame-based in field-based motion prediction (TV slika)
- Višje bitrate: do 15 Mbit/s (tipično 4–9 Mbit/s za DVD)
- Večje ločljivosti:
 - 720×576 (PAL), 720×480 (NTSC)
 - Podpora tudi za HD (1920×1080, 1280×720) v višjih profilih
- Več profilov in ravni (profiles & levels)
 - Simple Profile (osnovno, podobno MPEG-1)
 - Main Profile (najpogosteje uporabljen za DVD, digitalno TV)
 - High Profile (HDTV)



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



MPEG-4 - 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 kompresija, 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**

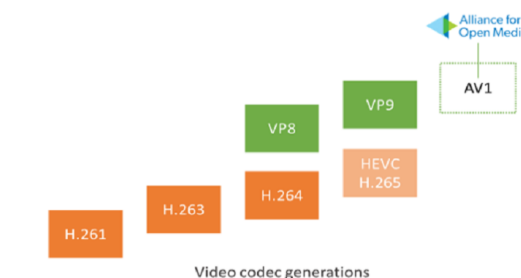


- **AOMedia Video 1 (AV1)**

- 2015: Združenje za odprtost multimedijskih standardov
- sodelujejo skoraj vsa največja tehnološka imena na svetu in nosilci video platform: Google, Mozilla, Cisco, MS, Amazon, Netflix, Intel, NVIDIA, Facebook/Meta, Samsung, ...
- VP10, [Daala](#) ([Xiph](#)/[Mozilla](#)) and [Thor](#) ([Cisco](#))
- Nasledil VP9 (25-35 %)
- primerjava: H.265 (20%-50% boljši) in H.264 (50% boljši)
- Odprtokodna

AVIF – AV1 Image File Format

- Format za slike (resna konkurenca formatu JPEG)
- Apple (slikovni format **HEIC**) (**iOS 11 naprej (2017)**)





AV1 (2018)

- Brezplačen, odprtokoden, sodoben video kodek z vrhunsko kompresijo
- AV1 = AOMedia Video 1
- Razvil ga je **AOMedia (Alliance for Open Media)**, vključno z:
Google, Mozilla, Netflix, Amazon, Intel, Microsoft, Apple, Facebook

Cilj: ponuditi **moderen video kodek brez licenčnih stroškov**, ki bo zamenjal:

- H.264 (AVC)
- H.265 (HEVC)
- VP9 (Google)



AV1

- Podprte ločljivosti: Do **8K in več**
- Bit-depth: 8, 10, 12-bit
- Podpora HDR: **DA**
- Podprti profili: Main (trenutno edini)
- Podprti barvni prostori: YUV 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4
- Vzorčenje barvitosti: Napredno (YUV + adaptive filters)



Kako deluje AV1

- Blokovna struktura
 - Delitev slike na superbloke 128×128
 - Podblokovna delitev do 4×4
 - Nested tree-based partitioning → boljša prilagodljivost vsebini
- Motion Compensation
 - Sub-pikselna natančnost (do $1/8$ px)
 - Multi-reference frames
 - Warped motion, affine prediction
 - Global motion models
- Intra-predikcija
 - Več kot 60 smeri intra napovedi
 - Učinkovitejše kodiranje statičnih delov slike
- Transformacije
 - Različni tipi DCT, ADST transformacij
 - Multi-symbol entropy coding (ANS – Asymmetric Numeral Systems)



Zakaj je AV1 pomemben

Brez licenc (za razliko od H.265)

- Uporablja se lahko prosto, brez plačila patentnih licenc

Odlično razmerje kakovost/bitrate

- Zlasti primeren za **spletni video** (YouTube, Netflix, Twitch)

Podpora za HDR in 10-bitni barvni globini

- Primeren za naslednjo generacijo medijev (8K, visoka dinamičnost)



telefoni in multimedija

Vidik	iPhone	Samsung
Privzeta slika	HEIC (.heic)	JPEG (.jpg) ali HEIC (opcijsko)
Privzeti video	HEVC (H.265)	H.264, HEVC (opcijsko)
RAW podpora	✓ Apple ProRAW	✓ Expert RAW
Pro video	✓ Apple ProRes (Pro modeli)	✗ (ni lastnega pro formata)
HDR podpora	✓ Dolby Vision (HEVC)	✓ HDR10+ (HEVC)



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 min. bitna hitrost za video v multimediji (HD)
- **What bitrate should I use when encoding my video?**



Kompresiran visoko kvalitetni video



Original



H.264/AVC



WMV 9



On2 VP6



AV1 vs H.265 vs H.264 Quality Comparison





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

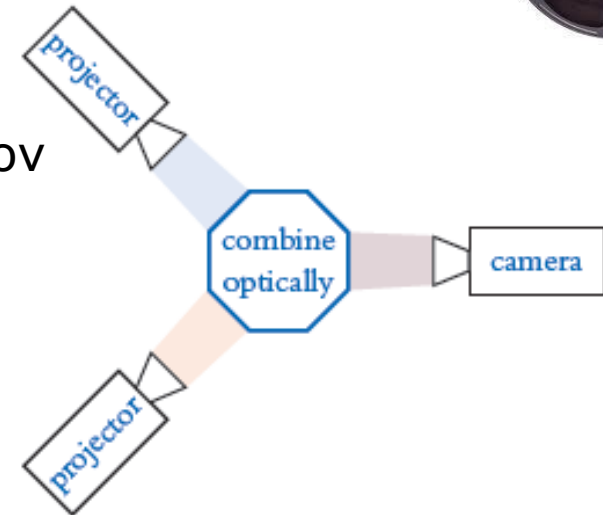
- Montaža videa
 - Proces izdelave celotnega filma iz zbirke kratkih video izsekov:
 - Izbor izsekov
 - Krajšanje
 - Organizacija izsekov
 - Sinhronizacija slike in zvoka
 - Prehodi med posnetki
 - **Na samih posnetkih se ne naredi nobena sprememba**
- Postprodukcija
 - Spreminjanje originalnega materiala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



Tradicionalna montaža



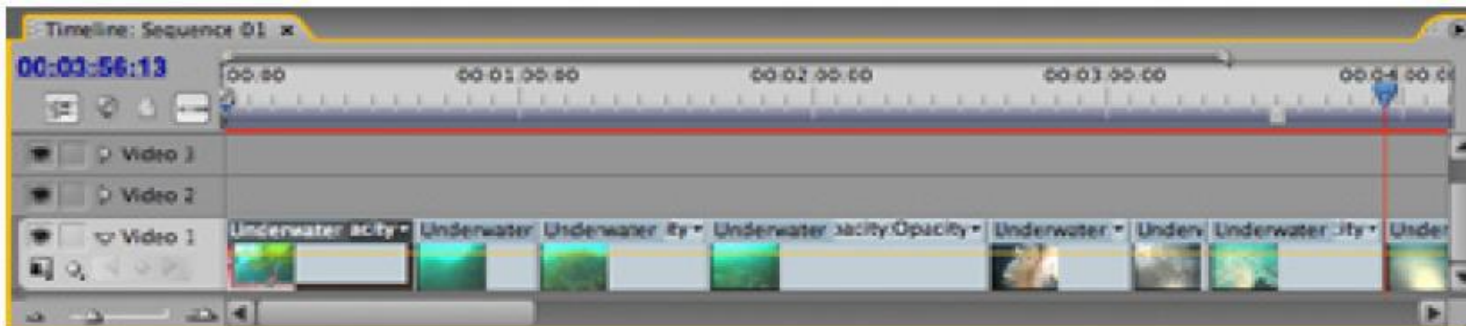
- Tradicionalna **filmska** montaža
 - Rezanje in kombiniranje filmskih trakov
 - Prehodi med kadri: optični printer
 - Optični filtri
 - Posebni laboratorij
- Montaža analognega **videa**
 - Uporaba več (treh) magnetofonov hkrati
 - Prevertavanje naprej in nazaj
 - Kombiniranje elektronskih signalov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





Montaža digitalnega videa

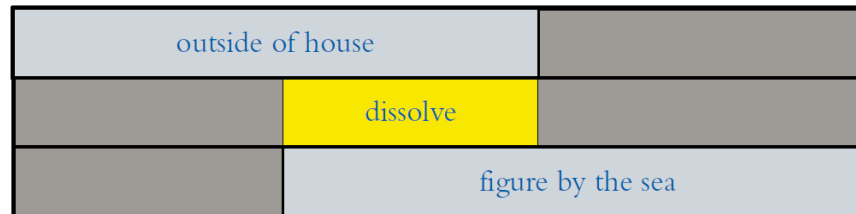
- Poljubno spreminjanje zaporedja sekvenc
- Ne poslabšamo originalnega materiala!
- Rezultate montaže vidimo takoj
- Video formati ločijo video posnetek od parametrov sledi
- Koraki pri montaži videa
 - Uvoz video izsekov v projekt
 - Krajšanje izsekov (začetne (in) in končne (out) točke)
 - Postavljanje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





Prehodi med kadri

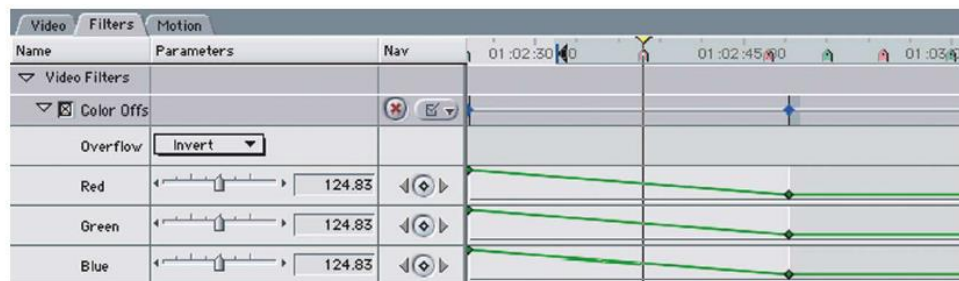
- Oster prehod med kadri
 - Drugi kader se začne takoj, ko se konča prvi
- Prehodi med kadri
 - Mehki, animirani prehodi
 - Kadri se deloma prekrivajo med seboj (dovolj okvirjev!)
 - Prehod v črnino in iz črnine – poudarijo trajanje
 - Okvirji v prehodu se „rendirajo“





Postprodukcija

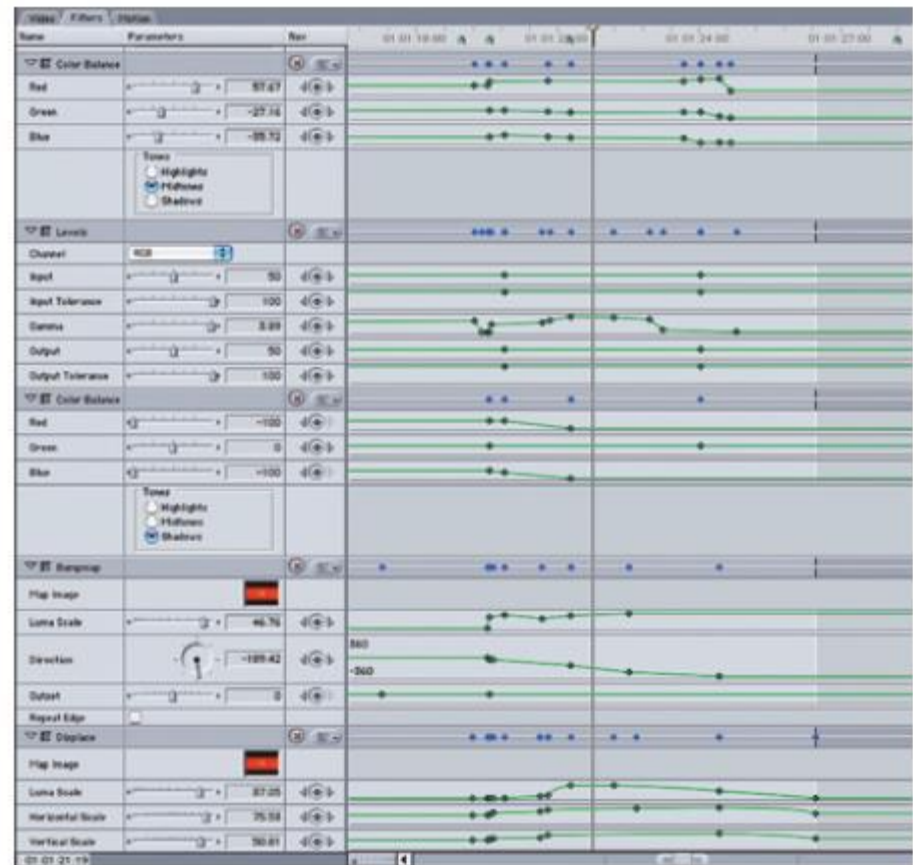
- Popravljanje napak nastalih med snemanjem in pri digitalizaciji (nepravilna osvetlitev, čas ekspozicije, nastavitve goriščne razdalje, barv).
 - Podobno kot pri orodjih za urejanje slik
 - Nadzor s parametri, ki se lahko spreminjajo skozi čas
 - Parametre določimo na ključnih okvirjih, vmes se interpolirajo





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





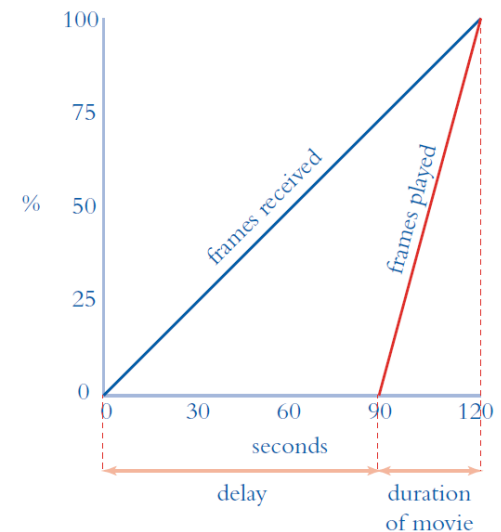
Distribucija videa

- 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 (npr. H.264, VP9, AV1, ...)
 - Zvok (npr. AAC, MP3, ...)
 - Podnapisi (npr. SRT, VobSub, ...),
 - 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:
 - **Mobilne naprave:** MP4 (H.264/H.265), WebM; zgodovinsko 3GP
 - **Apple naprave:** MOV, MP4 (prek AVFoundation)
 - **Windows okolje:** MP4, MKV, WMV (starejši sistemi)
 - **Računalniki:** široka podpora za MP4, MKV, WebM, MOV
- Za heterogene sisteme sta najbolj primerna:
 - MP4 (s H.264 ali H.265)
 - WebM (s VP9 ali AV1)
 - MP4 (z H.264/AVC)
 - Odprtokodni predvajalniki (VLC, GStreamer, MPV)

Za pretakanje preko mreže je smiselno pripraviti več verzij z različnimi ločljivostmi in bitnimi hitrostmi ter jih distribuirati z uporabo HLS ali MPEG-DASH





Izračun: bitna hitrost za H.264 video

- Formula: [THE KUSH GAUGE](#)

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

VBR (variable bitrate):

min= 75% * končna bitna hitrost

max=150% * končna bitna hitrost

Konstante za druge kodeke:

HEVC: 0.045

VC-1: 0.075

MPEG-2: 0.136 ali 0.116 (industrijski standard)

AV1: 0.0342 (1080p)



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