

# Kompresija videa

Tehnike za kompresiju mirnih slika uzimaju u obzir redundansu koja postoji u slikama. Prostorna redundantnost se ogleda u tome da pikseli koji se nalaze blizu jedan drugoga imaju bliske vrijednosti. Kod video signala se može uzeti u obzir i vremenska redundantnost jer se bliski frejmovi uglavnom malo razlikuju. Pored toga, objekti koji se kreću ne zauzimaju cijelu sliku, već najčešće samo njen mali dio.

## Intra-frejmsko kodovanje

Intra-frejmsko kodovanje video signala uzima u obzir samo prostornu redundansu koja postoji u individualnim frejmovima. Od blokova luminantne i hrominantnih komponenti se formiraju *makroblokov*. Svaki makroblok sadrži po jedan blok hrominantnih komponenti i određen broj blokova luminanse. Broj upotrijebljenih blokova luminanse pri formiranju makrobloka zavisi od šeme pododmjeravanja koja se koristi. Npr, za šemu 4:2:2 na jedan blok hrominantnih komponenti dolaze dva bloka luminanse, dok se kod šeme 4:1:1 koriste 4 bloka luminanse. Zatim se svaki blok iz makrobloka koduje algoritmom koji je sličan JPEG algoritmu.

## Motion-JPEG (M-JPEG)

JPEG kao tehnika kompresije mirnih slika smanjuje redundansu koja postoji u individualnim frejmovima. Motion-JPEG je proširenje ove tehnike na video. M-JPEG koristi algoritam koji je veoma sličan JPEG-u (DCT, kvantizacija, formiranje cik-cak sekvence, kodovanje različitim dužinama riječi) i primjenjuje ga na svaki pojedinačni frejm. Na taj način formira komprimovane tzv. I-frejmove, (intra-frejmove). Sukcesivni frejmovi se komprimuju sa istim parametrima kompresije. Postoje različite, nekompatibilne verzije M-JPEG-a od različitih proizvođača. Razne verzije M-JPEG-a se koriste prilikom editovanja videa, ali kako ne postoji standard za ovu tehniku, ovako komprimovani video fajlovi se ne mogu razmjenjivati između različitih M-JPEG sistema.

U studijskim primjenama razmjena video zapisa je neminovnost. Stoga je neophodno pomiriti zahtjeve za kompresijom i razmjenom fajlova i objediniti ih kroz standard.

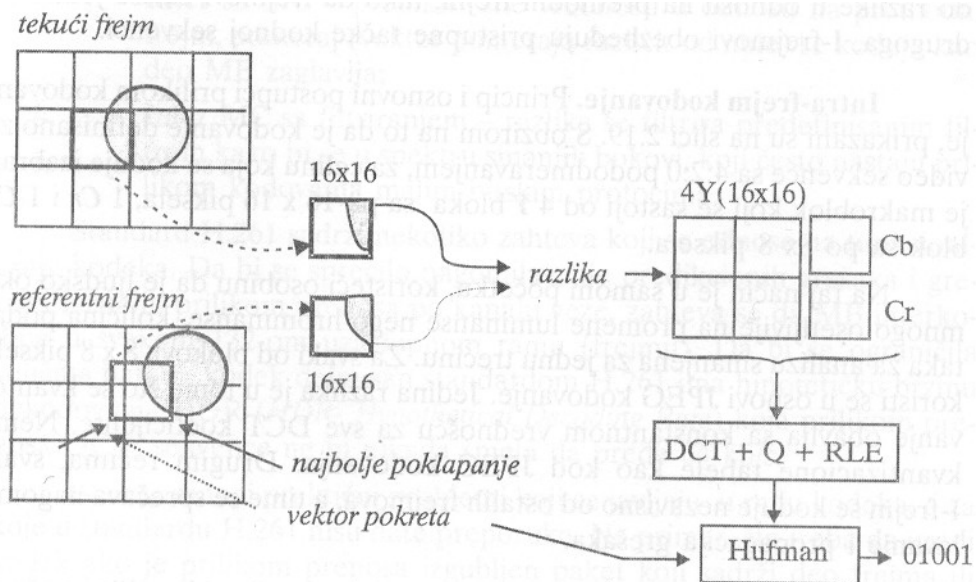
Prvi pristup je DV kompresija, razvijena za snimanje na video trake.

Drugi pristup je MPEG-2 video kompresija. MPEG-2 je standard razvijen sa ciljem da iskoristi vremensku redundansu koja postoji između frejmova kako bi se postigao veći stepen kompresije. Prvenstvena mu je namjena distribucija videa. Ipak, postoji i tzv. I-frame-only varijanta MPEG-2 koja je funkcionalno ekvivalentna sa M-JPEG-om i koristi se za video editovanje.

Postoji, takođe, nekoliko studijskih formata, kao što su Digital Betacam i HD-D5, koji koriste M-JPEG kompresiju, ali nisu vezani za bilo koji od JPEG, DV, ili MPEG standarda.

## Inter-frejm kodovanje

Veći stepen kompresije se dobija ako se pri kodovanju vodi računa i o vremenskoj, a ne samo prostornoj redundansi, jer je poznato da između susjednih frejmova u video sekvenci postoji velika vremenska korelacija. Princip inter-frejm kodovanja je prikazan na sljedećoj slici.

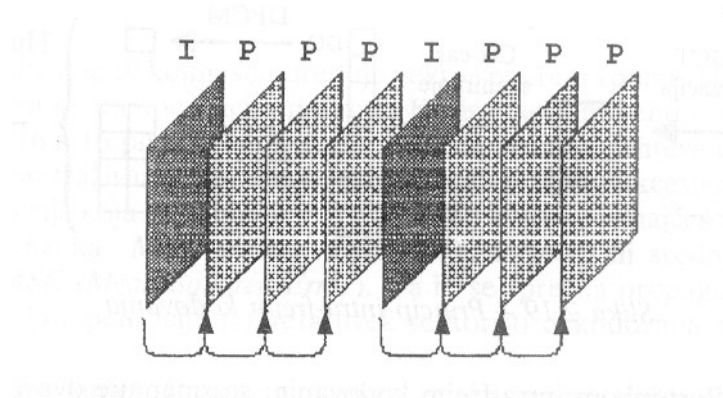


Osnovu ovog kodovanja čini kompenzacija pokreta pri kojoj se formira vektor pomjeraja. Posmatra se lumentna komponenta makrobloka tekućeg frejma. U šemi 4:2:0 makroblok sadrži četiri bloka i veličine je 16x16 piksela (4 bloka luminanse). Pored lumentne komponente, u ovom slučaju, makroblok sadrži i po jedan blok Cb i Cr komponentata. Ovi blokovi su pododmjereni za dva. Posmatranom makrobloku tekućeg frejma se traži najsljedniji dio na ograničenom području referentnog (prethodnog, mada ćemo kasnije vidjeti da to može biti i sljedeći) frejma. Kada se pronađe najbolje preklapanje formira se razlika vrijednosti lumentnih i hrominentnih blokova pronađenog i tekućeg makrobloka. Makroblok razlike se koduje preko DCT. Prije Hafmanovog kodovanja, kvantovanim koeficijentima DCT se dodaje vektor pomjeraja.

## Kompresija video signala prema ITU-T preporukama H.261 i H.263

Video standardi dati preporukama H.261 i H.263 se primjenjuju na videotelefonske, videokonferencijske i multimedijalne komunikacije preko ISDN kanala. Oni opisuju organizaciju signala (govor, video, podaci) za audiovizuelnu komunikaciju niskim bitskim brzinama ( $p \times 64 \text{ kb/s}$ ,  $1 < p < 30$ ). Bitski niz se dobija multipleksiranjem video i audio signala, te drugih podataka. Način multipleksiranja se opisuje posebnim protokolima. Ne koriste se u TV aplikacijama jer nude sliku znatno lošijeg kvaliteta nego što se zahtijeva kod TV emitovanja.

Princip rada se zasniva na korištenju intra-frejma i inter-frejma kodovanja. Rezolucija slika sa kojima se radi je QCIF (176x144) ili CIF (352x288), a vektor pomjeraja se kreće u granicama -15 do 15. Tipična sekvenca H.261 frejmova je prikazana na sljedećoj slici.



Za svaki I-frejm se koristi samo intra-frejm kodovanje (pododmjeravanje je 4:2:0), te stoga za rekonstrukciju I-frejma nije neophodno poznavanje susjednih frejmova. Za kodovanje P-frejma koristi se inter-frejm kodovanje, te ja za njihovu rekonstrukciju neophodno poznavanje prethodnog frejma na osnovu kojeg su formirani vektori pomjeraja i kodovane razlike makroblokova. Da bi se izbjeglo nagomilavanje predikcionih grešaka zahtijeva se intra-kodovanje u svakom 132-om uzastopnom frejmu.

Mnogi praktični problemi nisu riješeni u ovom standardu: šta uraditi ako dođe do gubitka dijela ili cijelog frejma, koliki je potreban stepen kvantovanja da bi se postigao željeni bitski protok i slično.

Osnovni algoritam kodovanja video signala koji se koristi u standardu datom preporukom H.263 se zasniva na istom algoritmu kao u standardu H.261. Primjenjuje se pet formata slika: Sub-QCIF (128x96), QCIF (176x144), CIF (352x288), 4CIF(704x576), 16CIF (1408x1152).

## MPEG kompresija video i audio signala

Nastojana za standardizaciju u oblasti razmjene videa datiraju od ranih osamdesetih godina prošlog vijeka. International Telephone Consultative Committee (CCITT), zajedno sa International Radio Consultative Committee (CCIR), i International Standards Organization / International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) su pokrenuli brojne inicijative za standardizaciju. **Moving Picture Experts Group** ili **MPEG** (pod oficijelnom oznakom ISO/IEC JTC1/SC29 WG11) je radna grupa koja je zadužena za razvoj standarda za video i audio kodovanje, te memorisanje i pretraživanje multimedijalnih sadržaja. Prvi sastanak ove grupe održan je u Hanoveru, 1988. godine. Na svakom sastanku ove radne grupe učestvuje oko 350 članova iz različitih oblasti industrije, sa univerziteta i istraživačkih institucija. MPEG je do sada odobrila sljedeće formate za kompresiju i standarde:

- **MPEG-1:** Prvi video i audio standard, kasnije korišten za Video CD, koji uključuje i popularni MP3 format kompresije audio signala.
- **MPEG-2:** Namijenjen za transport, video i audio standard kojim se postiže televizijski kvalitet. Koristi se u digitalnoj televiziji i (sa malim modifikacijama) za DVD video diskove.
- **MPEG-3:** Originalno namijenjen za televiziju visoke definicije, ali je povučen kad je otkriveno da je MPEG-2 dovoljno efikasan i za HDTV.
- **MPEG-4:** Proširenje MPEG-1 u smislu podrške video/audio objektima, 3D sadržajima i malim brzinama prenosa.
- **MPEG-7:** Formalni sistem za opis *multimedijalnog sadržaja*.
- **MPEG-21:** MPEG opisuje ovaj standard kao *multimedijalno okruženje*.

### MPEG-1

**MPEG-1** je standard iz 1990-tih godina, korišten za kompresiju audio i video digitalnih podataka. MPEG-1 video je VCR kvaliteta i korišten je za video CD format.

Optimalna brzina prenosa je 1.5 Mb/s. Za video je rezervisano oko 1.2 Mb/s. Format videa je: slika formata 352x240 (četvrtina TV ekrana) sa 30 frejmova u sekundi. Primarna mu je namjena bila da posluži kao format za memorisanje, ali je pokazao veoma dobre rezultate i pri strimingu na brzinama prenosa koje podržava. Uz to, podržane su sljedeće opcije: slučajni pristup frejmovima preko I-frejмова, brzo pretraživanje naprijed-nazad (fast-forward i fast-reverse, FF/FR ), emitovanje videa unazad i mogućnost editovanja uz prihvatljivo kašnjenje pri kodovanju i dekodovanju od oko 1 sekunde.

MPEG-1 audio layer 3 je puno ime popularnog MP3 audio formata. Kasnije je MPEG-1 AV format unaprijeđen i nastali su MPEG-2 i MPEG-4 formati koji postižu veći nivo kompresije.

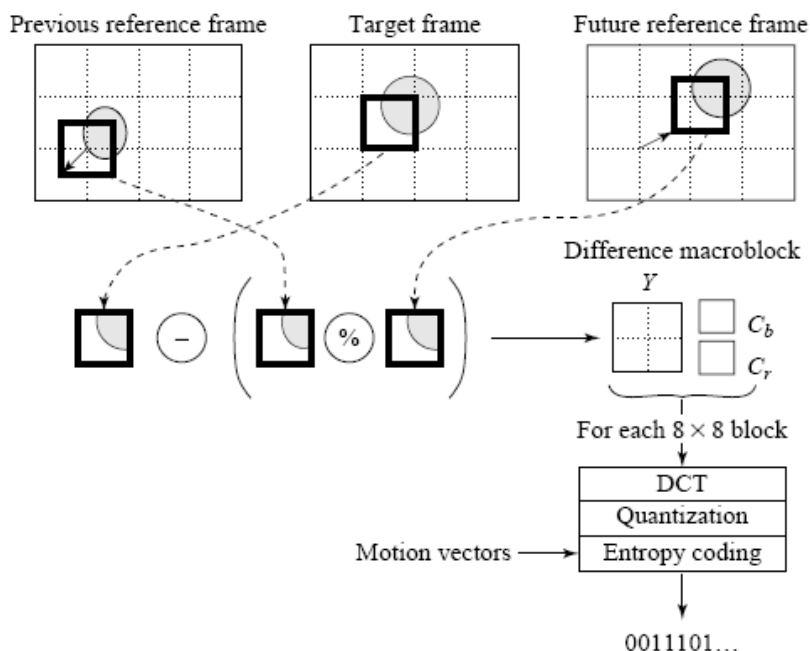
MPEG-1 obuhvata više dijelova:

1. Transportni sloj koji obuhvata dio za sinhronizaciju i multipleksiranje video i audio podataka;
2. Codec (koder i dekođer) za kompresiju video signala bez preplitanja (progressivno skeniranje);
3. Codec za perceptualno kodovanje audio signala;
4. Procedure za testiranje usaglašenosti.

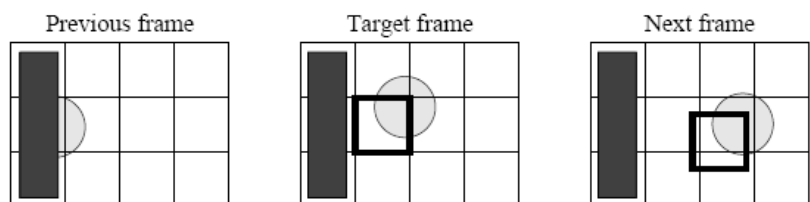
## MPEG-1 video

MPEG-1 je inicijalno bio projektovan za brzinu prenosa od 1.5 Mb/s i rezoluciju 352x254 za NTSC i 352x288 za PAL. Kasnije je prilagođen brzini prenosa od 4 Mb/s, uz poboljšanje kvaliteta video signala. Na četiri bita luminanse dolazi po jedan bit hrominentnih komponenti. Trenutno je MPEG-1 najkompatibilniji format i upotrebljiv je na skoro svim plejerima.

MPEG-1, slično kao H.261, koristi i intra-frejmi i inter-frejmi kodovanje. Međutim, inter-frejmi kodovanje je ovdje puno složenije jer omogućava bidirekionalnu vremensku predikciju. Ideja bidirekcionalnog kodovanja je prikazana na sljedećoj slici. Makrobloku tekućeg frejma se traži najbliži makroblok u prethodnom i sljedećem frejmu i određuju se dva vektora pomjeraja. Makroblok za kodovanje se formira kao razlika tekućeg makbloka i usrednjenih vrijednosti (na slici je usrednjavanje označeno sa %) najbližijih makblokova iz susjednih frejmova, ukoliko se nađe dovoljno sličan makroblok u oba frejma. Ukoliko se sličan blok nađe samo u jednom frejmu, on se zadržava i ne radi se usrednjavanje. Frejmovi za koje se radi bidirekcionalna predikcija su označeni kao B-frejmovi.

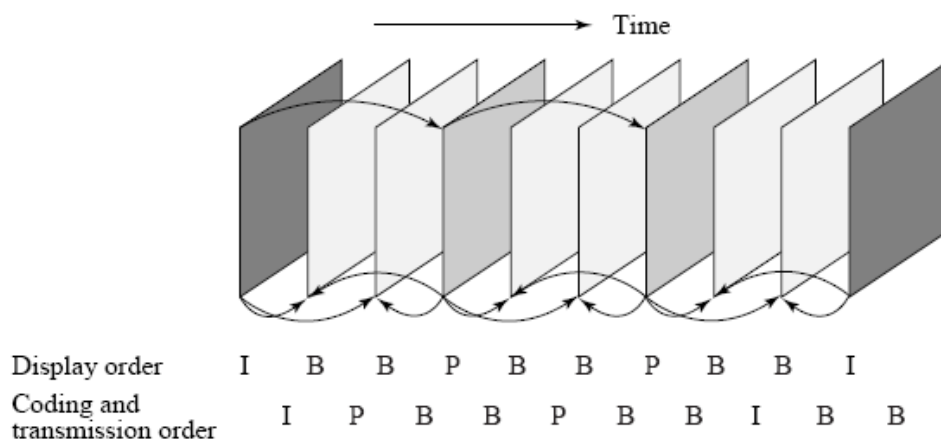


Potreba uvođenja bidirekcionalne predikcije postaje jasna ako se pogleda sljedeća slika.



Lopta tekućeg frejma je u prethodnom frejmu bila maskirana drugim objektom i sasvim je jasno da je predikcija makbloka koji sadrži loptu na osnovu sljedećeg frejma mnogo bolja (signal razlike nakon pomjeraja je manji) nego na osnovu prethodnog frejma.

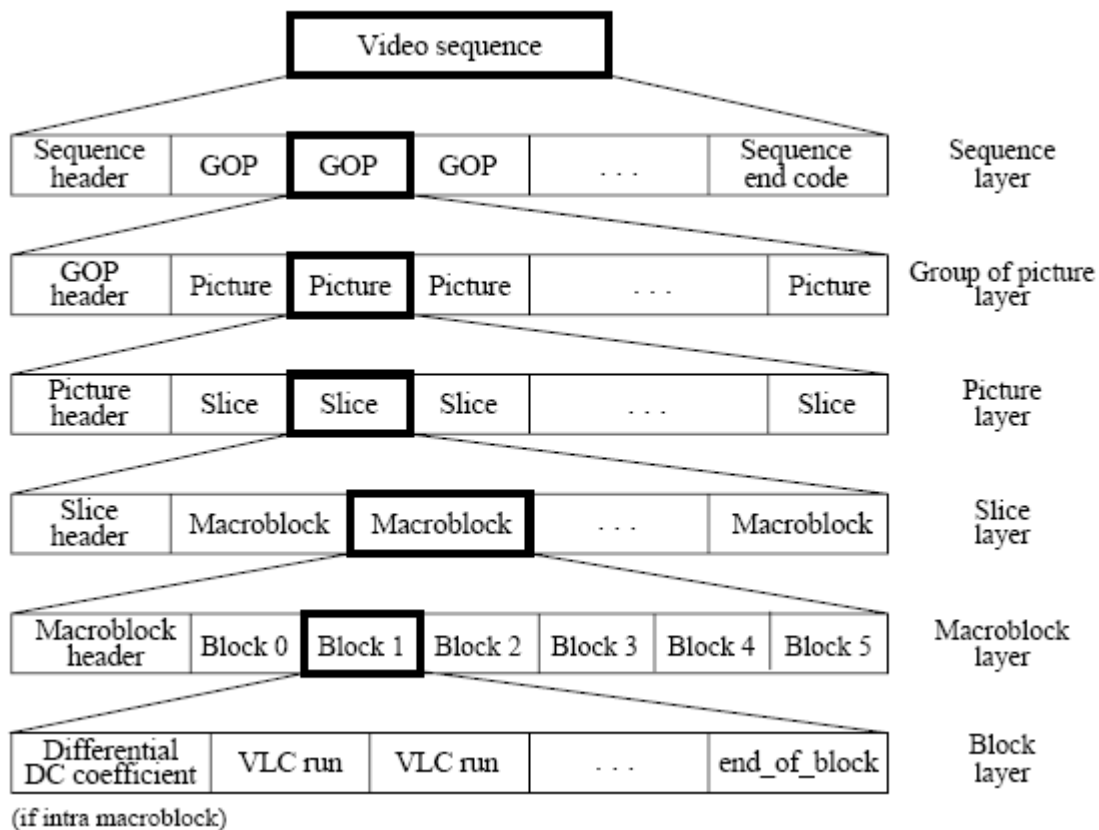
Tipičan raspored frejmova u grupi slika (group of pictures - GOP) kod MPEG-1 kodovanja je prikazan na sljedećoj slici. Prvi frejm u svakoj video sekvenci mora biti I-frejm. I-frejmovi se ponavljaju i na početku svake grupe slika. Iako se kod I-frejмова postiže mali stepen kompresije, njihovo korištenje je neophodno kako bi bio moguć slučajni pristup, FF/FR i oporavak od grešaka. Prvi P-frejm se koduje  $N$  frejmova nakon I-frejma.  $N-1$  frejmova između I-frejma i P-frejma ili između dva P-frejma se koduju kao B-frejmovi. Predikcija pri kodovanju P-frejma se vrši na osnovu prethodnog P-frejma ili I-frejma. Treba napomenuti da redoslijed slanja frejmova nije isti kao redoslijed njihovog pojavljivanja u vremenu, jer je za rekonstrukciju B-frejmovi neophodno poznavanje susjednih I-frejmovi ili P-frejmovi.



Za razliku od H.261, vektor pomjeraja kod MPEG-1 je precizniji (do  $\frac{1}{2}$  piksela) i može da poprimi vrijednost iz skupa  $[-512, 511.5]$ . MPEG-1 bitski tok dopušta slučajni pristup jer je svaka grupa slika (GOP) neovisno kodovana. Tipičan broj bita neophodan za kodovanje I-slika je veći nego kod P-slika, dok je najmanji kod B-slika. Prosječan stepen kompresije I, P i B slika je dat sljedećom tabelom. Prosječan faktor kompresije video signala u MPEG-1 standardu iznosi 27:1.

Type	Size	Compression
I	18 kB	7:1
P	6 kB	20:1
B	2.5 kB	50:1
Avg	4.8 kB	27:1

Na sljedećoj slici prikazana hijerarhijska struktura, odnosno način formiranja sekvence bita kod MPEG-1 standarda. Ova sekvenca bita je podijeljena na nekoliko slojeva. Najviši sloj je video sekvenca. Ovaj sloj sadrži informacije kao što su: veličina frejmova, bitska brzina i učestanost frejmova. GOP sloj sadrži informacije o brzom pretraživanju i slučajnom pristupu video podacima. GOP zaglavlje sadrži podatke o pozicijama I, P B frejmova. Sloj slike sadrži kodovane segmente (grupe makroblokova). Segmenti jednog frejma mogu da sadrže različit broj makroblokova, te da startuju i završe bilo gdje, i svaki segment se neovisno koduje. Uvođenje segmenata u MPEG-1 radi ponovnog uspostavljanja sinhronizacije u slučaju gubitka ili oštećenja dijela signala predstavlja još jednu od bitnih razlika u odnosu na H.261. Dalje, sloj segmenta sadrži makroblokove, sloj makrobloka blokove i konačno, sloj bloka sadrži intra-kodovane blokove.



Veliki nedostatak MPEG-1 je što podržava samo progresivno skeniranje videa, što je i bio osnovni razlog uvođenja MPEG-2.

## MPEG-2

MPEG-2 (1994) standard za kompresiju audio i video signala je projektovan za distribuciju digitalnog TV signala, ali se široko koristi i za skladištenje videa na DVD. Kvalitet je uporediv sa VHS standardom. Bitska brzina iznosi između 4 i 9 Mb/s, ali se uz dodatna poboljšanja može koristiti i za HDTV do rezolucije od 1920x1080 piksela i 30 frejmova u sekundi (što znači brzinu prenosa od 80 Mb/s). Dakle, MPEG-2 omogućava visokokvalitetni video uz bitsku brzinu veću od 4 Mb/s. Ovo je prvi standard koji podržava video sa preplitanjem, sa mogućnošću predikcije frejmova ili polja, kada se dva polja koduju zajedno kao jedan frejm. Snaga MPEG-2 standarda je u njegovoj skalabilnosti, što će biti kasnije detaljnije prikazano.

Kodovanje video signala je slično kao kod MPEG-1, ali je podržan video signal sa preplitanjem. MPEG video kompresija takođe definiše DC slike (D-slike), koje su slične I-slikama, ali sadrže samo DC komponente svakog bloka i omogućavaju brzo pretraživanje.

MPEG-2 nije optimizovan za male brzine prenosa (manje od 1 Mb/s) i nije pogodan kao internet striming tehnologija. Bitska brzina kod MPEG-2 može biti konstantna ili varijabilna. Maksimalna bitska brzina je određena medijem koji se koristi za prikaz, npr. za DVD iznosi 10.4 Mbit/s. U cilju postizanja konstantne bitske brzine prilagođava se način kvantizacije.

MPEG-2 unosi nove metode kodovanja audio signala, tako da je omogućeno kodovanje do 5 kanala.

Osnovne razlike u odnosu na MPEG-1 su:

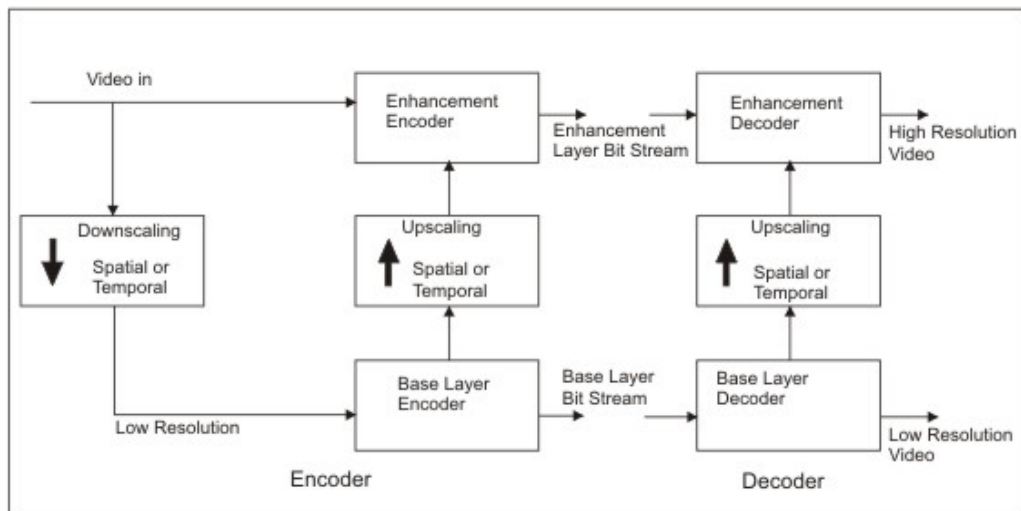
- Podržano je više video formata DVD, ATV, HDTV, te šema: 4:2:2 i 4:4:4
- Zbog uvođenja polja kod skeniranja sa preplitanjem, MPEG-2 može da koristi 5 načina predikcije,
- koristi se nelinearna kvantizacija,
- bolja otpornost na greške u prenosu.

Pojedinačno za DVD, DVB (Digital Video Broadcasting) SDTV i HDTV se uvode dodatne restrikcije i modifikacije MPEG-2.

## Skalabilnost

Skalabilnost omogućava interoperabilnost između različitih servisa i podržava prijemnike sa različitim mogućnostima prikaza. Prijemnici ne moraju da rekonstruišu video u punoj rezoluciji, već dekoduju samo podskup iz sekvence bita organizovane hijerarhijski po slojevima, kako bi rekonstruisali video sa smanjenom rezolucijom. Na dnu hijerarhije je osnovni sloj, koji bilo koja aplikacija i bilo koji prijemnik mogu da koriste, a iznad njega su napredni slojevi. Skalabilnost je od posebnog interesa za SDTV i HDTV, kako bi se istom sekvencom bita distribuirao komprimovani video signal i za SDTV i za HDTV. Osnovna blok šema skalabilnog koda je prikazana na sljedećoj slici. Video rekonstruisan na osnovu osnovnog sloja se skalira na višu rezoluciju prostorno ili vremenski, te koristi za predikciju originalnog videa. Greška predikcije se koduje i smješta u napredni sloj. Skalabilno kodovanje se može koristiti za kodovanje video signala odgovarajućom bitskom brzinom pridruženom svakom sloju, kako bi se ispunili specifični zahtjevi prenosnih kanala. Prednosti skalabilnosti se koriste i pri pretraživanju baza video podataka.





24.3 Multi-scale video encoding and decoding

U MPEG-2 su standardizovane pet skalabilnih kodnih šema: SNR (signal-šum) skalabilnost, prostorna skalabilnost i vremenska skalabilnost, hibridna skalabilnost i particionisanje podataka.

*SNR skalabilnost* se, između ostalog, koristi u telekomunikacijama i video servisima različitog kvaliteta. Osnovni i napredni slojevi su kodovani istom prostornom skalom, ali koriste različitu kvantizaciju DCT koeficijenata. DCT koeficijenti osnovnog sloja su grubo kvantovani kako bi zadovoljili redukovanu brzinu prenosa. Na naprednom sloju se koduje razlika između nekvantovanih DCT koeficijenata i DCT koeficijenata osnovnog sloja.

*Prostorna skalabilnost* je razvijena sa ciljem da podrži displeje sa različitom prostornom rezolucijom. Na osnovnom sloju se koduje pododmjerena video sekvenca, dok napredni sloj sadrži dodatne informacije neophodne za rekonstrukciju slike više rezolucije. Algoritam je zasnovan na piramidalnom kodovanju.

*Vremenska skalabilnost* se postiže preskakanjem određenih frejmova ili polja u osnovnom sloju i njihovim kodovanjem na naprednim slojevima. Za predikciju nedostajućih slika prilikom dekodovanja se koriste slike iz osnovnog sloja ili prethodno dekodovane slike naprednog sloja. Vremenska skalabilnost se može koristiti za prilagođenje progresivnog i videa sa preplitanjem. Osnovni sloj može biti video sa preplitanjem, a napredni sadrži podatke za rekonstrukciju progresivnog videa.

*Hibridna skalabilnost* omogućava kombinaciju bilo koje dvije od prethodne tri skalabilnosti.

*Particionisanje podataka* podržava dijeljenje kvantovanih DCT koeficijenata u particije.

## MPEG-3

MPEG-3 je standard namijenjen za rad sa HDTV signalima u opsegu 20 do 40 Mbit/s.

Kako je otkriveno da je sa MPEG-2 uz male modifikacije moguće postići jednako dobre rezultate, ovaj standard se prestao koristiti.

## **MPEG-4**

MPEG-4 je uveden krajem devdesetih (1994, a postao je standard 2000. godine), za web striming i prenos mobilnom mrežom, ali i za distribuciju TV signala i videotelefoniju. On predstavlja proširenje prethodnih standarda u smislu podrške video/audio objektima, 3D sadržajima i malim brzinama prenosa.

Za razliku od svojih prethodnika, umjesto rada sa pravougaonim blokovima slike, MPEG-4 je objektno orijentisan. Objekti video sekvence se odvojeno koduju i prenose zasebnim sekvencama bita. Korisniku se omogućava niz interaktivnih aplikacija sa videom.

Standard pokriva širok opseg bitskih brzina, od veoma niskih (5-64 Kb/s) do 2 Mb/s za TV/film aplikacije.

Istraživanja u okviru ovog standarda su još uvijek aktuelna, posebno vezano za internet streaming, bežični prenos videa i digitalne kamere u mobilnim uređajima.

Ciljevi uvođenja ovog standarda su bili:

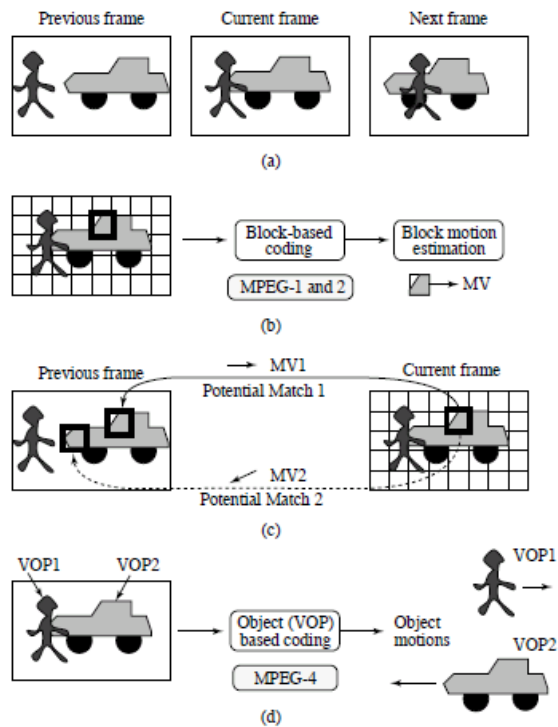
- manipulacija sadržajem i editovanje sekvence bita u komprimovanom domenu,
- mogućnost kombinovanja sintetizovanih i prirodnih scena i objekata,
- slučajan pristup frejmovima i objektima,
- bolji vizuelni kvalitet na uporedivim bitskim brzinama, u odnosu na prethodne standarde,
- mogućnost kodovanja višestrukih pogleda, npr. stereoskopski vid,
- otpornost na greške,
- skalabilnost sa finom granularnošću u sadržaju, kvalitetu i složenosti.

Audio i video podaci su vezani za sadržaj, što omogućava neovisan pristup i manipulaciju pojedinačnim objektima u komprimovanom domenu: transformaciju postojećih objekata (repozicioniranje, skaliranje, rotaciju), dodavanje novih i uklanjanje postojećih objekata sa scene, a sve to jednostavnim operacijama nad komprimovanom sekvencom bita.

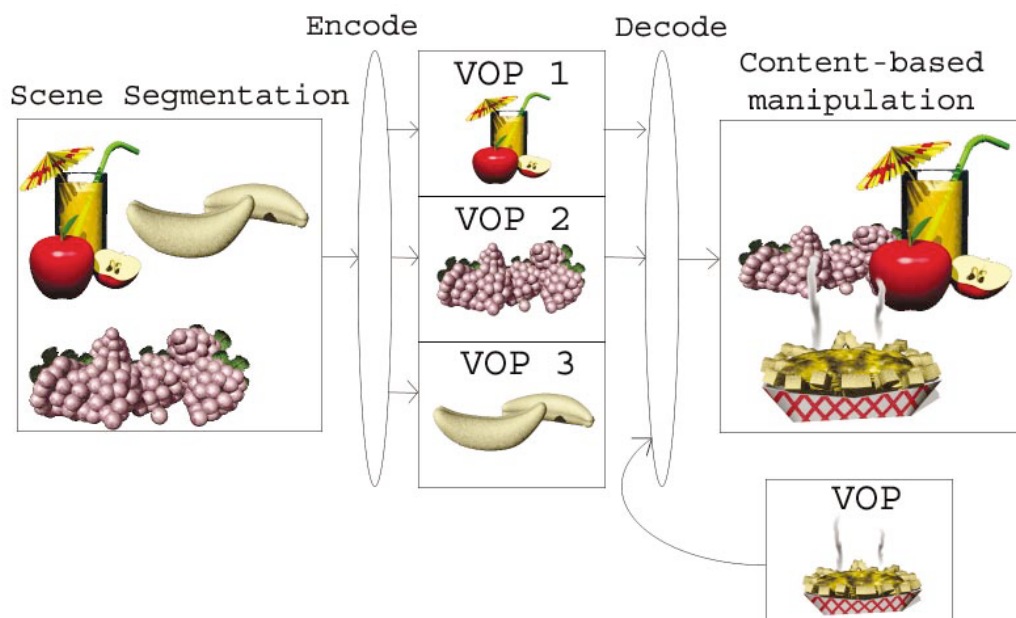
Kako bi se postigla interaktivnost na nivou sadržaja, sekvenca se posmatra kao kolekcija video objekata (VO), koji predstavljaju neki sadržaj, npr. osobe u dijalogu, portret (glavu i poprsje) osobe, objekat u pokretu ili pozadinu, itd... Izgled video objekta u jednom frejmu se definiše kao jedna ravan video objekta (video object plane – VOP) i predstavlja elementarnu formu reprezentacije sadržaja. Svaki frejm ulazne video sekvence se segmentira u niz regiona proizvoljnog oblika (VOP-ovi). Oblik i položaj VOP-ova jednog VO variraju od frejma do frejma.

Informacije o obliku, pomjeraju i teksturi VOP-ova koji pripadaju istom video objektu se koduju i prenose kao jedan bitski tok (Video Object Layer - VOL). Pod teksturom VOP-a se podrazumijeva informacija o luminentnim i hrominentnim komponentama piksela

odgovarajućeg VO. Kako postoji više video objekata, sekvenca bita mora sadržavati i informaciju o načinu kombinovanja VOL-ova kako bi bila moguća rekonstrukcija videa.

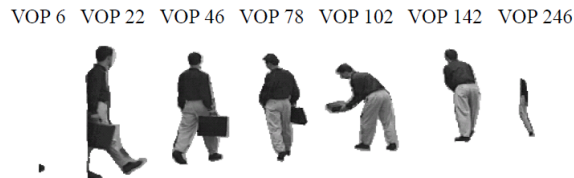


Slika: Osnovna razlika kodovanja blokova fiksnog oblika i objektno orijentisanog kodovanja

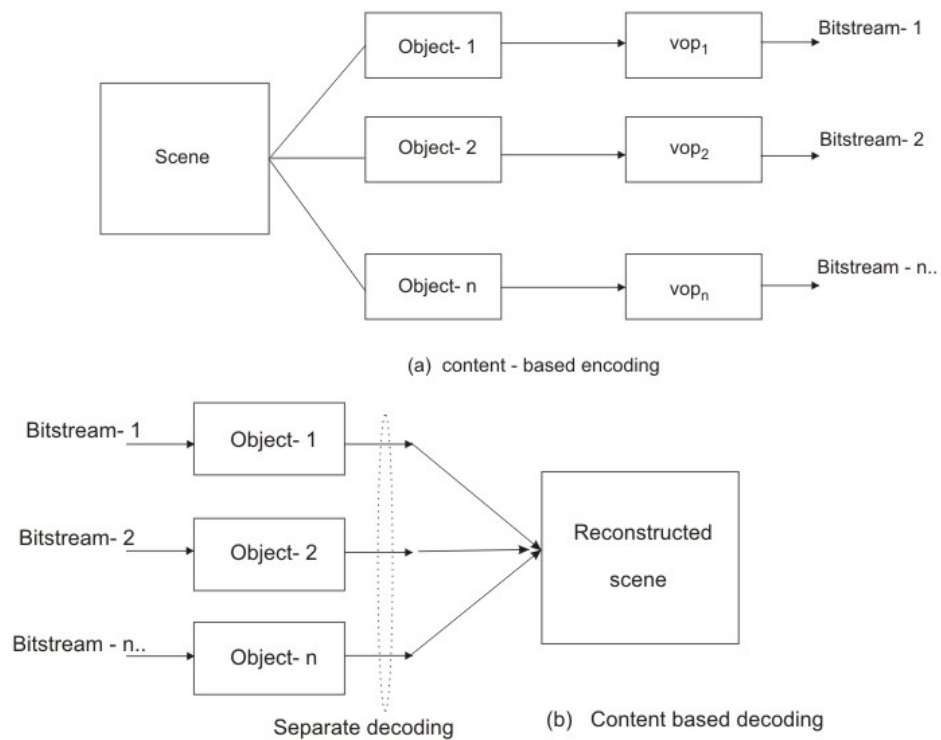


Slika: VOP-ovi jednog frejma

Slika: VOP istog objekta u frejmovima pod rednim brojem 0,112,120,128,208,224,232 i 240



Slika: VOP istog objekta u frejmovima pod rednim brojem 6,22,46,78,102,142 i 246



Slika: MPEG-4 kodovanje i dekodovanje. Bitstream-k odgovara VOL-k.

Semantička segmentacija VOP-ova, u smislu segmentacije frejmova na način da se odrede regioni koji u različitim frejmovima pripadaju istim objektima, nije jednostavan problem. Od dobro izvedene ove segmentacije uveliko zavisi efikasnost kompresije. Informaciju o načinu segmentacije u VOP-ove sadrži binarna tzv. alfa-ravan, koja služi kao maska položaja objekta (prikaz na sljedećoj slici).



Fig. 25.3 Snapshot of a Video Sequence



Fig 25.4 Binary alpha-plane

Sljedeća slika daje opštu šemu MPEG-4 kodovanja i dekodovanja. Frejmovi se prvo segmentiraju u niz VOP-ova. Niz VOP-ova koji određuju jedan VO se koduju kao jedan VOL. Originalnu video sekvencu je moguće rekonstruisati ukoliko se uzmu u obzir svi VOL-ovi. Ipak, sadržaje pojedinačnih ili grupe VO je moguće dekodovati uzimajući u obzir samo podskupove VOL-ova, dakle, omogućena je interaktivnost na nivou sadržaja u komprimovanom domenu.

MPEG-4 podržava prostornu, vremensku i tzv. sprite skalabilnost, koja se odnosi na pozadinu scene.

## H.264

Rast popularnosti servisa distribucije digitalnog video signala sa ograničnim bitskim protokom nametnuo je potrebu za standardom koji omogućava znatno veću kompresiju uz zadovoljavajući kvalitet. Zajednička radna grupa formirana od strane ISO/IEC i ITU-T pod nazivom JVT (Joint Video Team) u decembru 2001. godine je razvila standard MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding) part 10, poznatiji pod nazivom H.264. Ovaj standard je odmah počeo da se primjenjuje za razvoj mreža sljedeće generacije za isporuku video signala. Standardizovana su tri profila: osnovni (*baseline*) koji se koristi u videokonferencijama,

glavni (*main*) za distribuciju TV signala i prošireni (*extended*) koji pruža mogućnosti za efikasan striming.

Neke od osnovnih prednosti H.264 standarda su: unaprijeđena estimacija pokreta sa tačnošću od  $\frac{1}{4}$  piksela, 4x4 cjelobrojna transformacija umjesto 8x8 DCT, unaprijeđeno entropijsko kodovanje, bolji predikcioni modeli za intra i inter kodovane frejmove (veličina bloka za vektore pomjeraja može se smanjivati do 4x4 piksela, za estimaciju pomjeraja je moguće koristiti više prethodnih, a ne samo frejm koji neposredno prethodi tekućem frejmu,... ), itd. Posebno poboljšanje predstavlja debloking filter. Ako je apsolutna razlika intenziteta susjednih piksela velika, pretpostavlja se da je to posljedica blokovskog efekta i uključuje se filtriranje (smoothing – glačanje). Ukoliko je apsolutna razlika takva da je malo vjerovatno nastala usljed grube kvantizacije, filtriranje nije potrebno. Granica na kojoj se uključuje filtriranje zavisi od kvantizacionih parametara i veća je ako se koristi grublja kvantizacija.

H.264 se koristi kao kodek za Blu-ray diskove, te za striming video na Internetu: YouTube, Vimeo, iTunes itd. Pored toga se koristi i za emitovanje HDTV programa u DVB-S2 sistemu.