



Diplomski studij

Informacijska i
komunikacijska tehnologija:

Obradba informacija
Telekomunikacije i informatika

Višemedijske komunikacije

6.

Informacijska svojstva i
kodiranje videa

- Osnovna svojstva videa
- Analogni i digitalni video, primjene
- Modeli boje za video, formati
- Postupak kompresije videa
 - Kompenzacija gibanja
 - Hibridno kodiranje videa
- Evolucija normi za kodiranje videa

- Video odn. “pokretna slika” se sastoji od niza nepomičnih slika (okvira), prikazanih *dovoljno brzo*
- Frekvencija promjene slike je brzina osvježavanja okvira (engl. *frame rate*) izražena u okvirima u sekundi [**fps**]
 - Opažamo gibanje kao neprekinuto ako je brzina osvježavanja slike **od 15 fps** (npr. za animaciju) **do 25-30 fps** (npr. za *full-motion* video)
 - Posebne primjene, npr. 3D simulacija leta, do **60-75 fps**

Analogni video



Zavod za
telekomunikacije

- Video signal modulira jačinu elektronskog topa koji red po red prolazi po ekranu i ostavlja trag
 - Za mirnu sliku (bez titranja između uzastopnih okvira) minimum 50 Hz, stoga se koristi preplitanje (*interlace*)
- Norme za analogni video (TV)
 - **NTSC** (National Television System Committee), **30 fps**, u SAD i Japanu
 - **PAL** (Phase Alteration Line), **25 fps**, u Europi, Kini i Australiji
 - **SECAM** (Séquentiel Couleur Avec Memoire), **25 fps**, u Francuskoj
 - **(HDTV)** (High Definition Television), **60 fps**

- Okvir videa → digitalna nepomična slika
- Video telefonija, telekonferencija
 - Simetrična primjena, koder i dekodeer jednako složeni
 - Osjetljivost na kašnjenje
- Digitalna TV, filmovi, DVD
 - Asimetrična primjena, jedan koder služi puno dekodeera, dakle može biti složeniji
 - Uključivanje u struju videa u bilo kojem trenutku
- Video preko interneta i mobilnih mreža
 - Relativno male brzine prijenosa
 - Osjetljivost na greške

Modeli boje za video



Zavod za
telekomunikacije

- RGB (Red – Green – Blue)
- YUV
 - PAL video
 - Y – svjetlina (*luminance*)
 - U, V – boja (*chrominance*)

Veza YUV i RGB modela:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = 0.493 (B - Y)$$

$$V = 0.877 (R - Y)$$

- YIQ
 - NTSC televizija
 - Y – svjetlina; I, Q – boja

Veza YIQ i RGB modela:

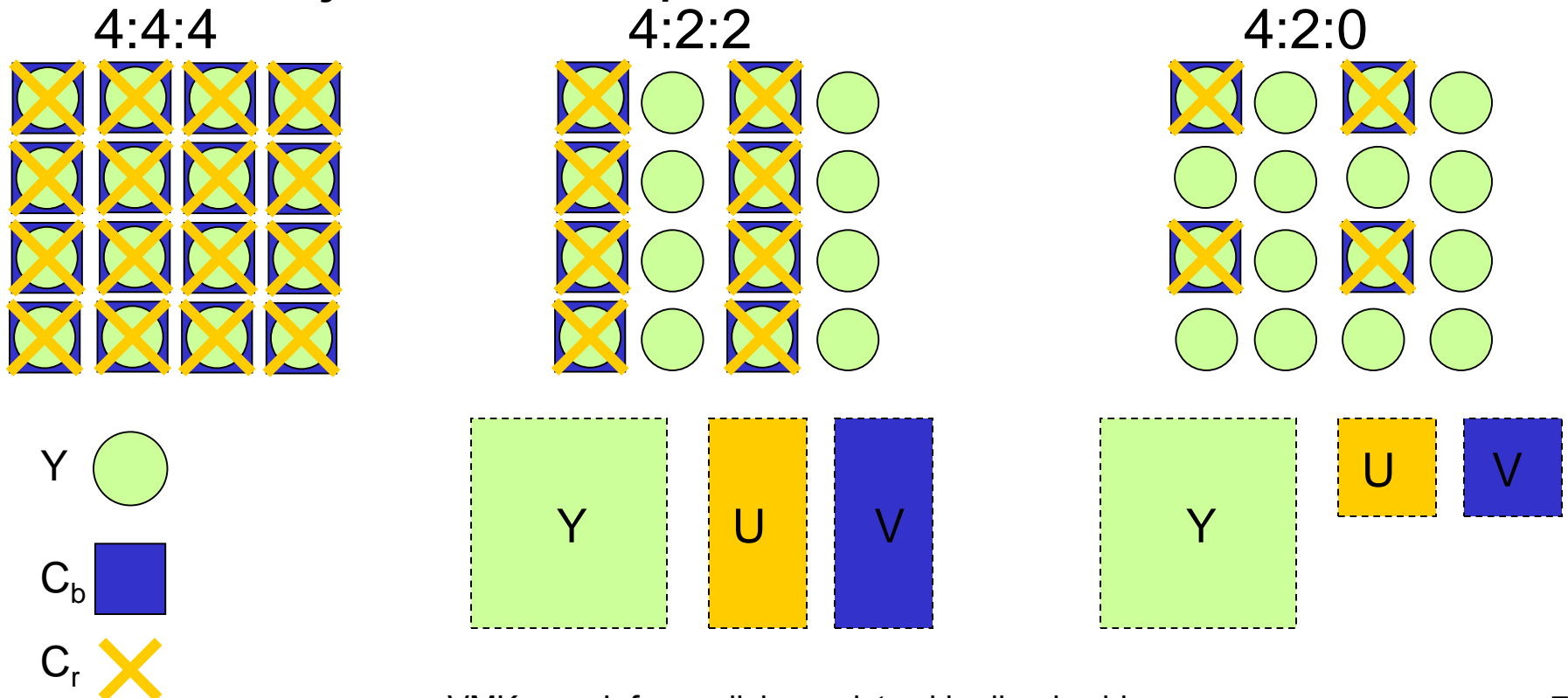
$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B,$$

$$Q = 0.212R - 0.52G + 0.31B$$

Pod-uzorkovanje boje

- Dokazano je da je ljudsko oko manje osjetljivo na boju nego na svjetlinu
- Shodno tome, boja se može pod-uzorkovati da bi se smanjila količina podataka



Formati za digitalni video

Format	Rezolucija (x × y)	omjer x:y
NTSC	640 × 480	4:3
PAL	720 × 576	4:3
CIF	352 × 288	4:3
MPEG-1	360 × 240	3:2
MPEG-2	720 × 480	3:2
HDTV	1920 × 1080 (1280×720)	16:9
IMAX	4096 × 3072	4:3

Primjer: nekomprimirani video (1)



Zavod za
telekomunikacije

- Primjer 1:

Izračunajmo brzinu struje podataka za nekomprimirani CIF i QCIF (Quarter CIF) uz standardnu frekvenciju osvježavanja slike 30 fps.

CIF: Y (352 x 288); Cb, Cr (176x44)

$$30 [1/s] * (352 * 288 + 2 * 176 * 144) * 8 [\text{bit/pixel}] \approx \mathbf{36.495 \text{ Mbit/s}}$$

podijeljeno s 64 kbit/s
(ISDN-B kanal) ≈ 570

QCIF: Y (176 x 144); Cb, Cr (88 x 72)

$$30 [1/s] * (176 * 144 + 2 * 88 * 72) * 8 [\text{bit/pixel}] \approx \mathbf{9.124 \text{ Mbit/s}}$$

podijeljeno s 64 kbit/s
(ISDN-B kanal) ≈ 142

- Rješenja:

- smanjiti broj okvira u sekundi?

npr. za **10 fps** dobivamo **3.041 Mbit/s** što je još uvijek previše

- komprimirati podatke?

npr. za **3.041 Mbit/s** i izlaz **64 kbit/s**, trebamo omjer kompresije **47.5:1**
(podsjetnik: JPEG tipično 10:1 do 50:1 za nepomičnu sliku)

Primjer: nekomprimirani video (2)



Zavod za
telekomunikacije

- Primjer 2:

Izračunajmo podatke za nekomprimirani *full-motion* video uz format 640x480 pixela (NTSC), 24-bitnu boju i 30 fps – TV kvaliteta

jedan okvir uz rezoluciju 640 x 480: 307 200 pixela
uz “true color” (24 bit/pixel): 7 372 800 bit
@ 30 fps: 221 184 000 bit/s

Prostor za pohranu:

1 sekunda nekomprimiranog videa \approx 27 MB

1 sat nekomprimiranog videa \approx 99 GB



Postojeća rješenja:

uz kompresiju 100:1 (npr. MPEG) 1 sat videa \approx 990 MB

Postupak kompresije videa

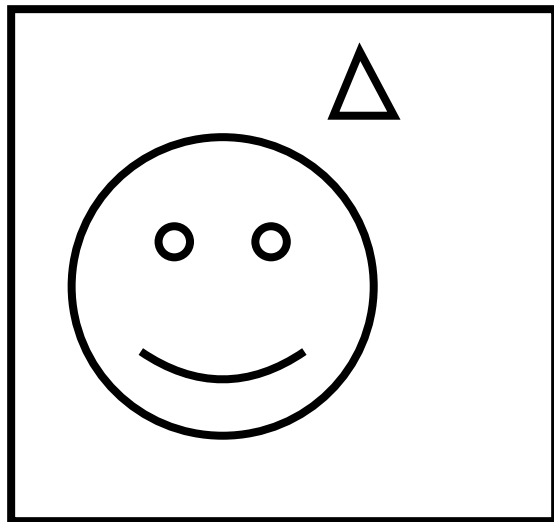


Zavod za
telekomunikacije

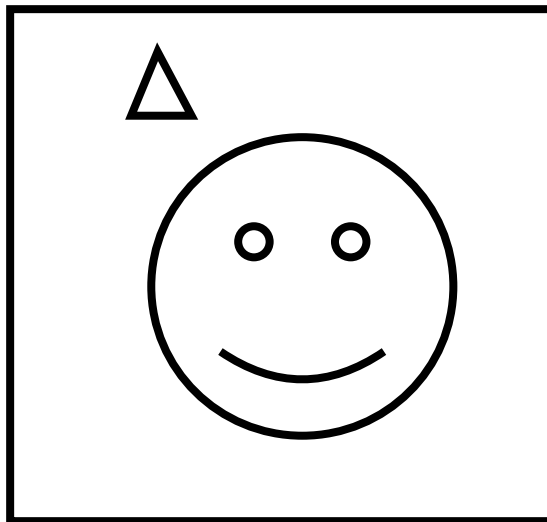
- Video sadrži **prostornu i vremensku redundanciju**
- Uklanjanje prostorne redundancije
 - Na razini svakog okvira/slike
 - Koristi se (najčešće) **transformacijsko kodiranje**
- Uklanjanje vremenske redundancije
 - U nizu uzastopnih okvira
 - Koristi se sličnost slika u nizu: **diferencijalno kodiranje**
- Pomak u slici je problem za diferencijalni koder
 - Koristi se **kompensacija gibanja** (*motion compensation*)

Kompenzacija gibanja (1)

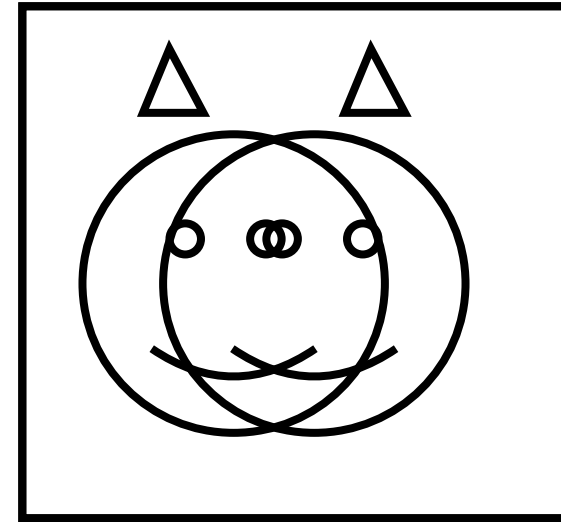
SLIKA $n-1$



SLIKA n



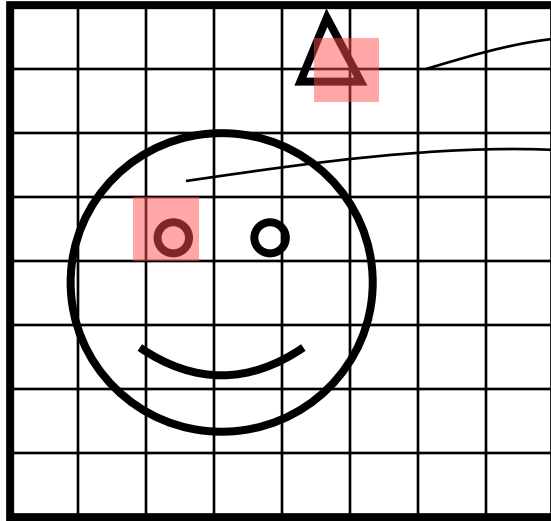
RAZLIKA



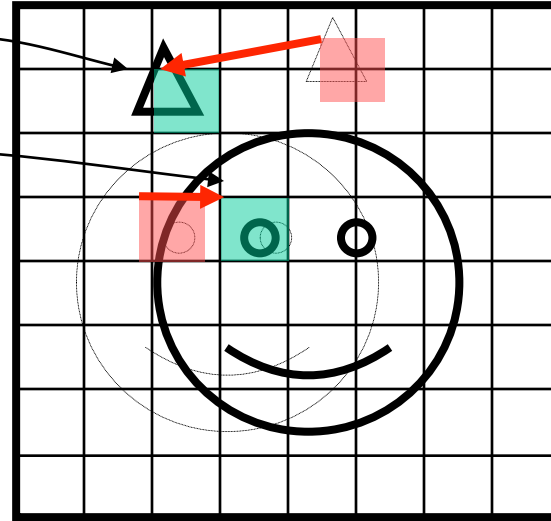
- Premda su slike vrlo slične, zbog pomaka ih ne možemo direktno diferencijalno kodirati: razlika sadrži više informacije od same slike!
- Različiti dijelovi slike imaju različite pomake


Kompenzacija gibanja (2)

SLIKA n-1



SLIKA n



- Za svaki blok u slici, traži se najslićniji blok u prethodnoj slici
- Razlika položaja (u pixelima) između ova dva bloka je vektor pomaka 
- Vektori pomaka za sve blokove šalju se dekomderu; tako se konstruira slika slična prethodnoj, te se na njoj vrši diferencijalno kodiranje

Kompenzacija gibanja (3)



Zavod za
telekomunikacije

Okvir $n-1$



Okvir n

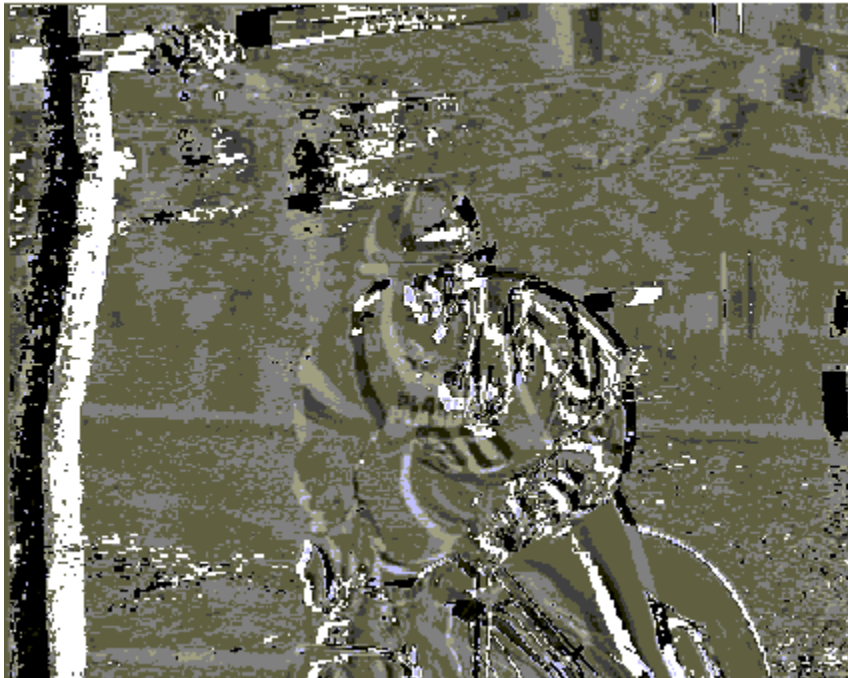


Kompenzacija gibanja (4)

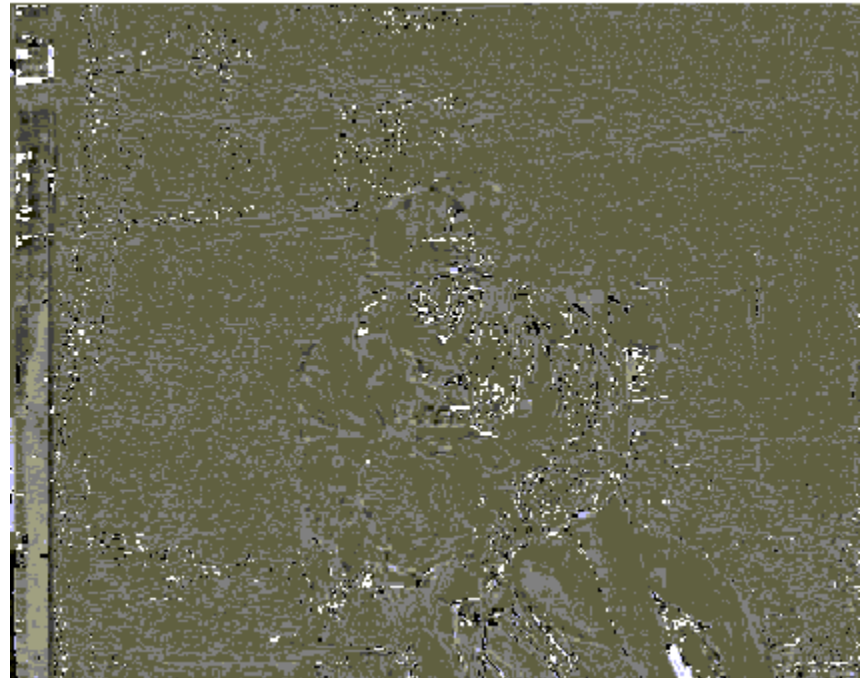


Zavod za
telekomunikacije

Razlika okvira n i $n-1$



Pogreška predikcije s
kompenziranim gibanjem



Diferencijalno kodiranje slika s kompenziranim gibanjem, te transformacijsko kodiranje signala razlike

- Ovo je najčešći princip kodiranja videa
 - Koristi se u svim normama koje ćemo spominjati
 - Ostalo su detalji 😊

Transformacijsko kodiranje

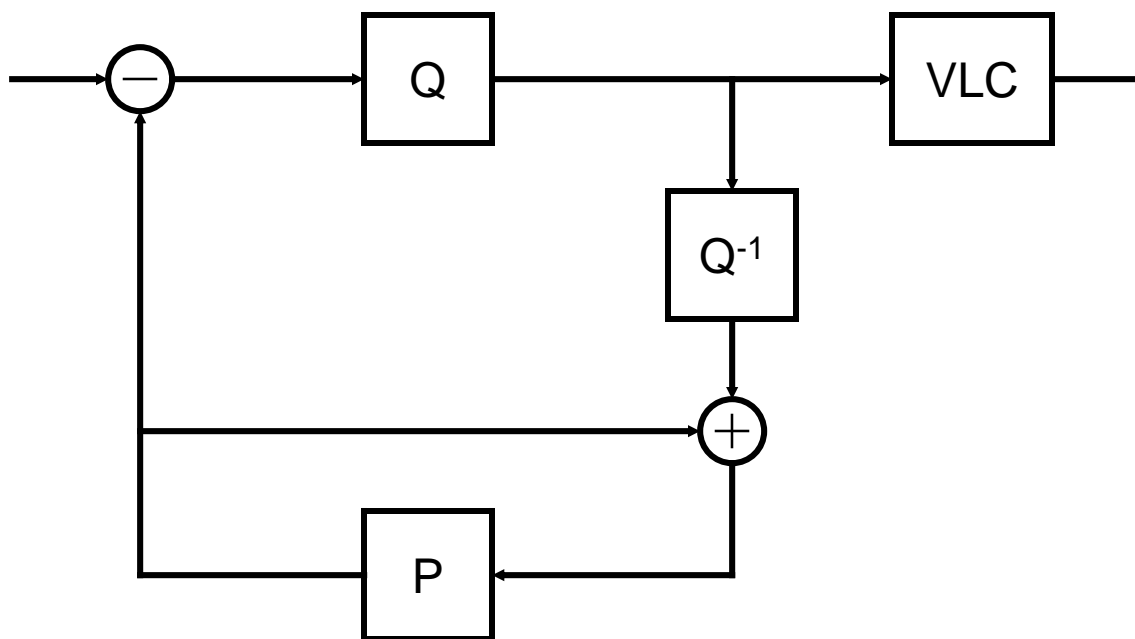


T: Transformacija

Q: Kvantizacija

VLC: Variable Length Coder (Entropijsko kodiranje)

Diferencijalno kodiranje

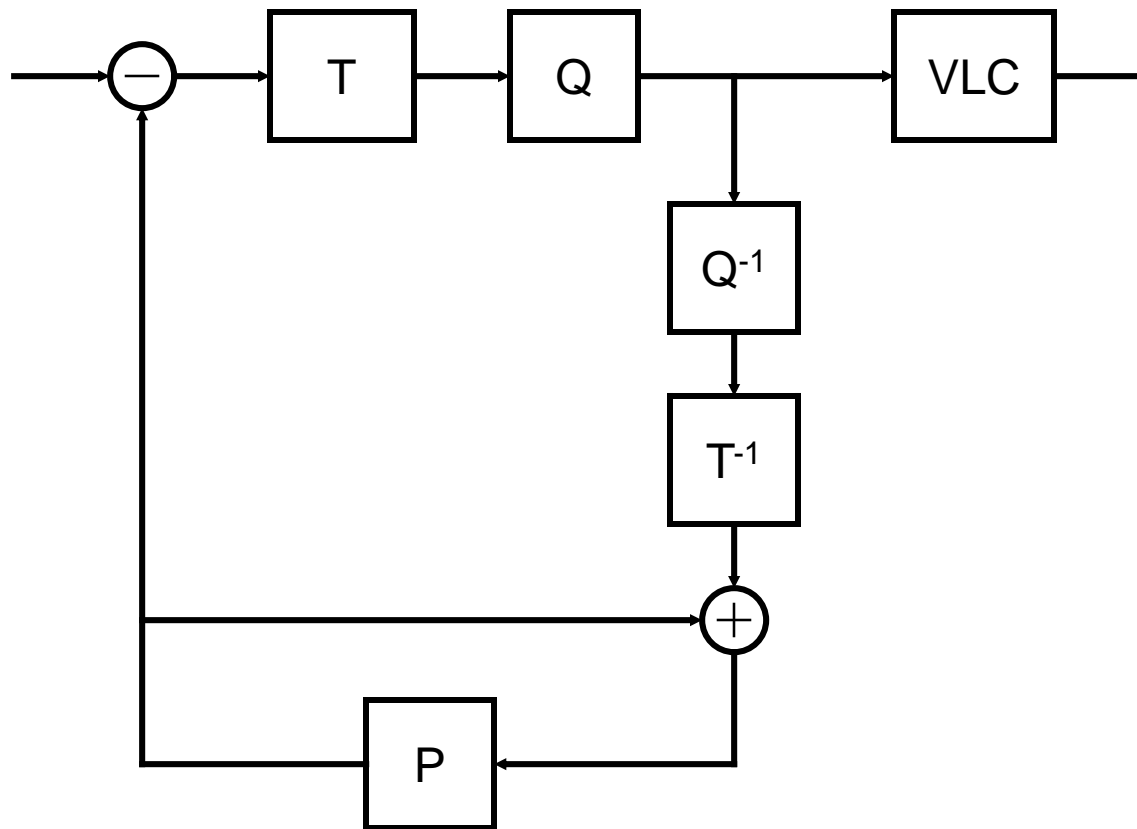


Q: Kvantizacija

Q^{-1} : Inverzna kvantizacija (rekonstrukcija)

P: Predviđanje (predikcija)

Hibridno kodiranje



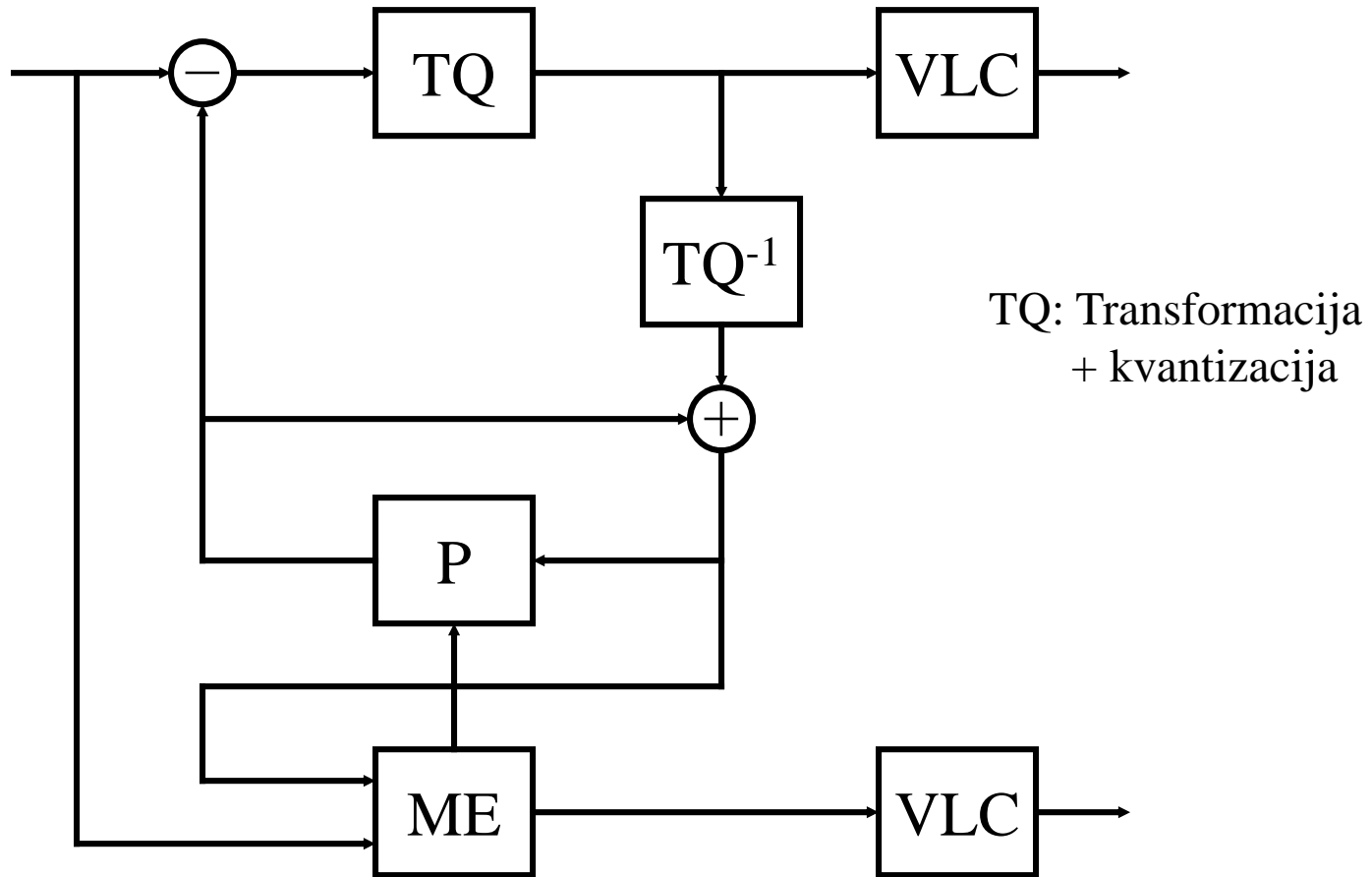
Kompenzacija gibanja



Hibridno kodiranje s kompenzacijom gibanja



Zavod za
telekomunikacije

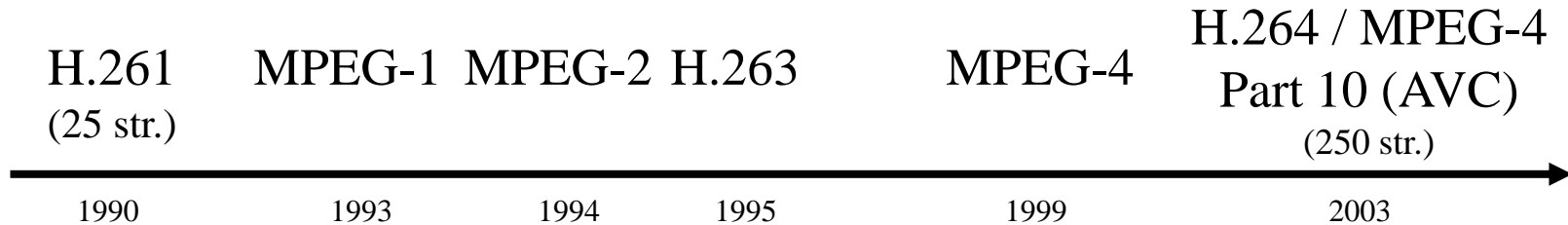


ME: Procjena gibanja (motion estimation)

Norme za kodiranje videa



Zavod za
telekomunikacije

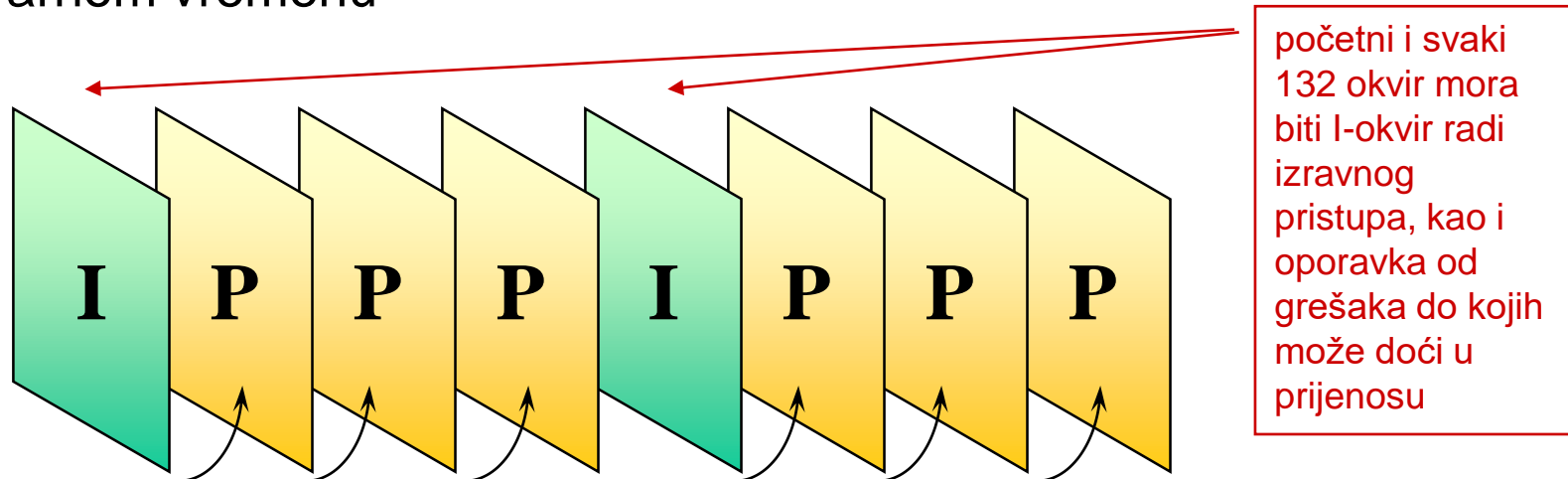


- Evolucija osnovnog principa na svim poljima
- Strategija predikcije (I, P, B okviri/blokovi)
- Veličina blokova (komp. gibanja, DCT)
- Veličina vektora pomaka
- Preciznost vektora pomaka
- Hijerarhijska podjela slika na jedinice
 - njihovo pakiranje u struju bitova
- (Dodatne funkcije: kodiranje oblika, sintetičkih objekata)

- Diferencijalno (predikcijsko) kodiranje akumulira pogrešku
- Potrebno je s vremena na vrijeme poslati puni okvir, tzv. I-okvir (inter-kodiran)
- Prvi koderi uvode I- i P-okvire
- Bolja predikcija ako se koriste elementi iz prethodnih i idućih okvira
 - B-okviri s predikcijom/kompenzacijom gibanja u odnosu na prethodni i idući okvir
 - višestruke referentne slike (AVC/H.264)

Kodiranje I- i P- okvira

- Kombinacija **intra-kodiranja** i **inter-kodiranja** omogućuje dovoljno brzu kompresiju za kompresiju i dekompresiju videa “u hodu”, odn. u stvarnom vremenu



- Dvije vrste okvira:
 - I-okvir** – pojedinačno kodiran (intra-kodiran, neovisan o okvirima prije/poslije)
 - P-okvir** – predikcijski kodiran (inter-kodiran, relativno u odnosu na prethodni)

Zašto B okviri?



Zavod za
telekomunikacije

Svojstva uzastopnih okvira:

- Neki makro-blokovski su **isti, ali pomaknuti** u odnosu na makro-blokovski prethodne slike (objekti na slici)
- Neki makro-blokovski su **na istom mjestu** kao na prethodnoj slici (pozadina)
- Neki makro-blokovski su **novi** (npr. otkrivena pozadina)
 - otkriveni blokovi pojavljuju se u cijelosti u budućim slikama

koristi se predikcija “**unaprijed**”:
reference iz prošlosti
(mogu se iskoristiti iz prethodne slike)

koristi se predikcija “**unatrag**”:
reference iz budućnosti
- pogodno za otkrivenu pozadinu

Dvosmjerna predikcija: reference iz prošlih i budućih okvira

Kodiranje I-, P- i B-okvirima

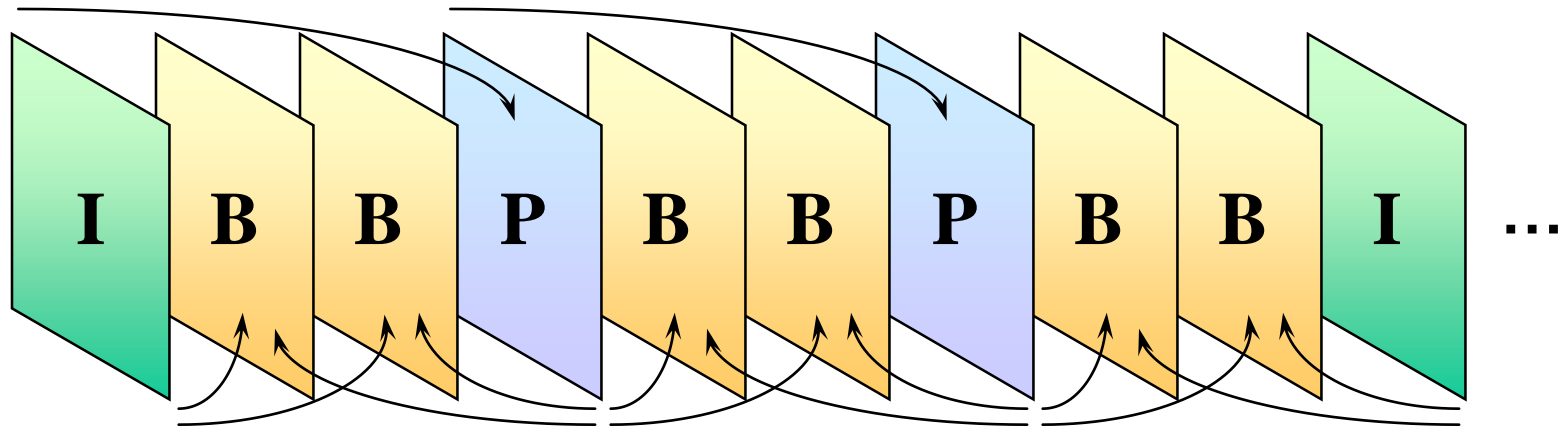


Zavod za
telekomunikacije

- Tri vrste slika:
 - **I-slika** – pojedinačno kodirana (intra-kodirana, neovisana o slikama prije/poslije, koristi JPEG kompresiju)
 - **P-slika** – predikcijski kodirana (relativno u odnosu na prethodnu I- ili P sliku, postupak kao H.263, jer ga je H.263 preuzeo iz MPEG-a)
 - **B-slika** – dvosmjerno predikcijski kodirana (relativno u odnosu na prethodnu ili sljedeću I ili P sliku)
- Učinkovitost kompresije:
 - I-slika – JPEG kompresija
 - P-slika – bolja kompresija od I-slike, lošija od B-slike
 - B-slika – najbolja kompresija
 - tipični omjer: $I = 3P = 5B$

Redosljed okvira

- Redosljed okvira za prikaz (prirodni redosljed):



- B-okvir se izračunava na temelju prethodnog i sljedećeg I ili P okvira, tako da oni moraju biti poslani ranije
- Redosljed slanja i dekodiranja okvira je drukčiji od redosljeda prikaza

Redosljed dekodiranja okvira

Redosljed okvira za prikaz

Vrsta okvira:	I	B	B	P	B	B	P	B	B	I	B	B	P
Broj okvira:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Redosljed slanja i dekodiranja

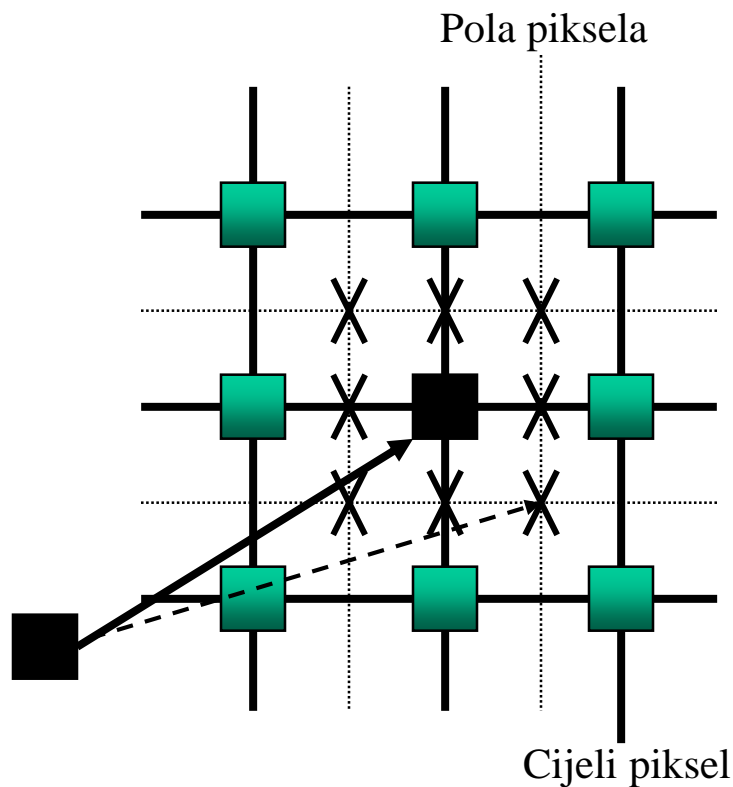
Vrsta okvira :	I	P	B	B	P	B	B	I	B	B	P	B	B
Broj okvira :	1	4	2	3	7	5	6	10	8	9	13	11	12

- Veličina blokova za
 - kompenzaciju gibanja
 - DCT transformaciju
- Manji blokovi:
 - veća preciznost
 - bolji rezultati
 - ALI više računanja
- Novije norme dozvoljavaju manje blokove
 - komp. gibanja: H.261: 16x16; MPEG-4: 8x8; H.264/AVC: 4x4
 - DCT: H.261, MPEG-4: 8x8; H.264/AVC: 4x4

- Određuje površinu pretrage za sličnim dijelom slike
 - Veći dozvoljeni vektor pomaka:
 - veća površina pretrage
 - veća vjerojatnost pronalaženja dobrog uzorka slike
 - bolja kompenzacija gibanja
 - ALI više računanja (pretraga je skupa!)
 - Iznad neke granice više se ne isplati povećavati
 - stvarni pomak obično nije jako velik
 - u praksi se koriste vektori pomaka od 16-32 pixela

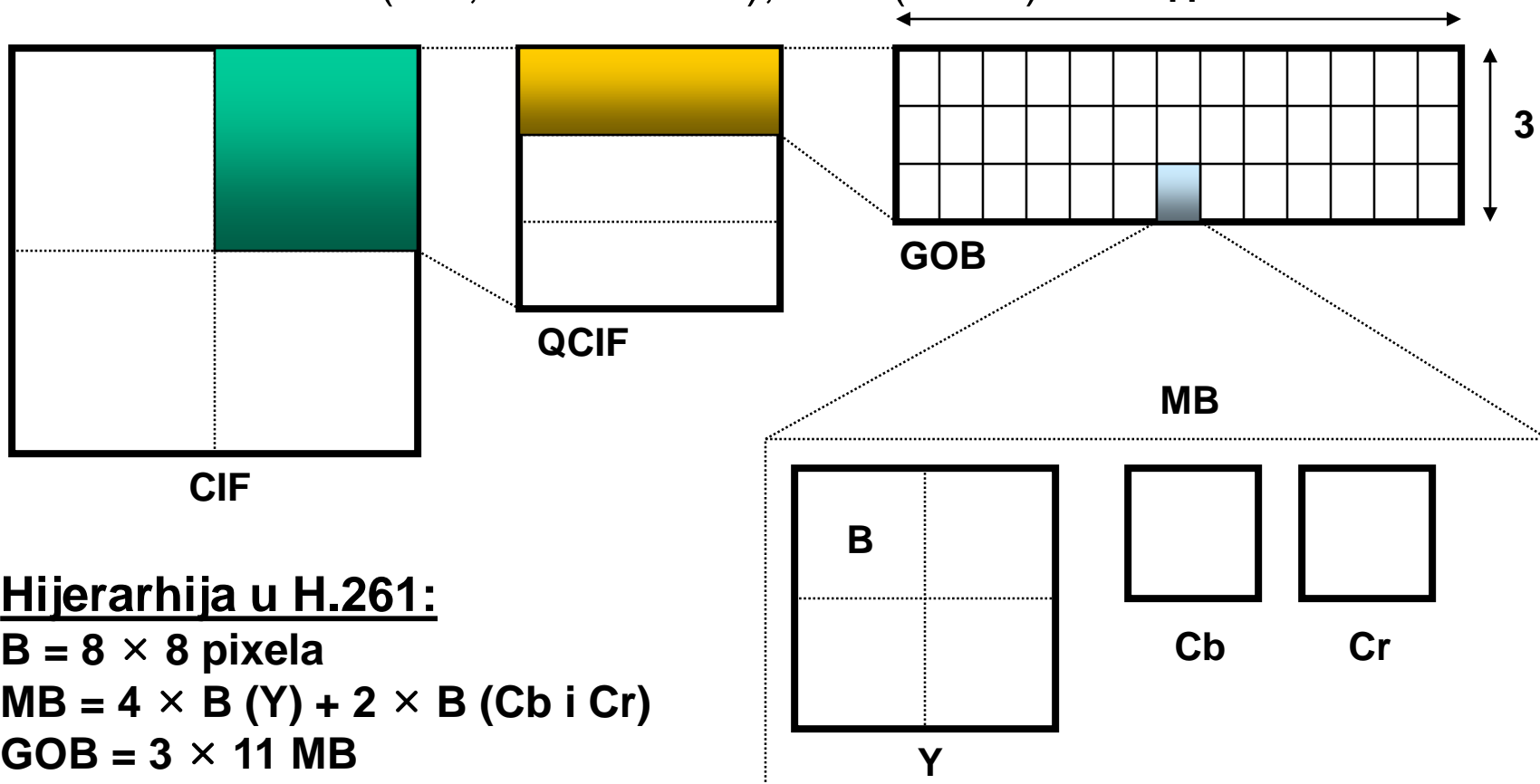
Preciznost vektora pomaka

- Preciznost na “pola pixela” umjesto na “cijeli pixel”
- Koristi se interpolacija Y vrijednosti kako bi se umjetno stvorile dodatne točke



Hijerarhijska podjela slika na jedinice

- Primjer: H.261
 - Slika (Picture), skupina blokova (GOB, Group Of Blocks), makroblok (MB, MacroBlock), blok (Block)



Hijerarhija u H.261:

B = 8 × 8 pixela

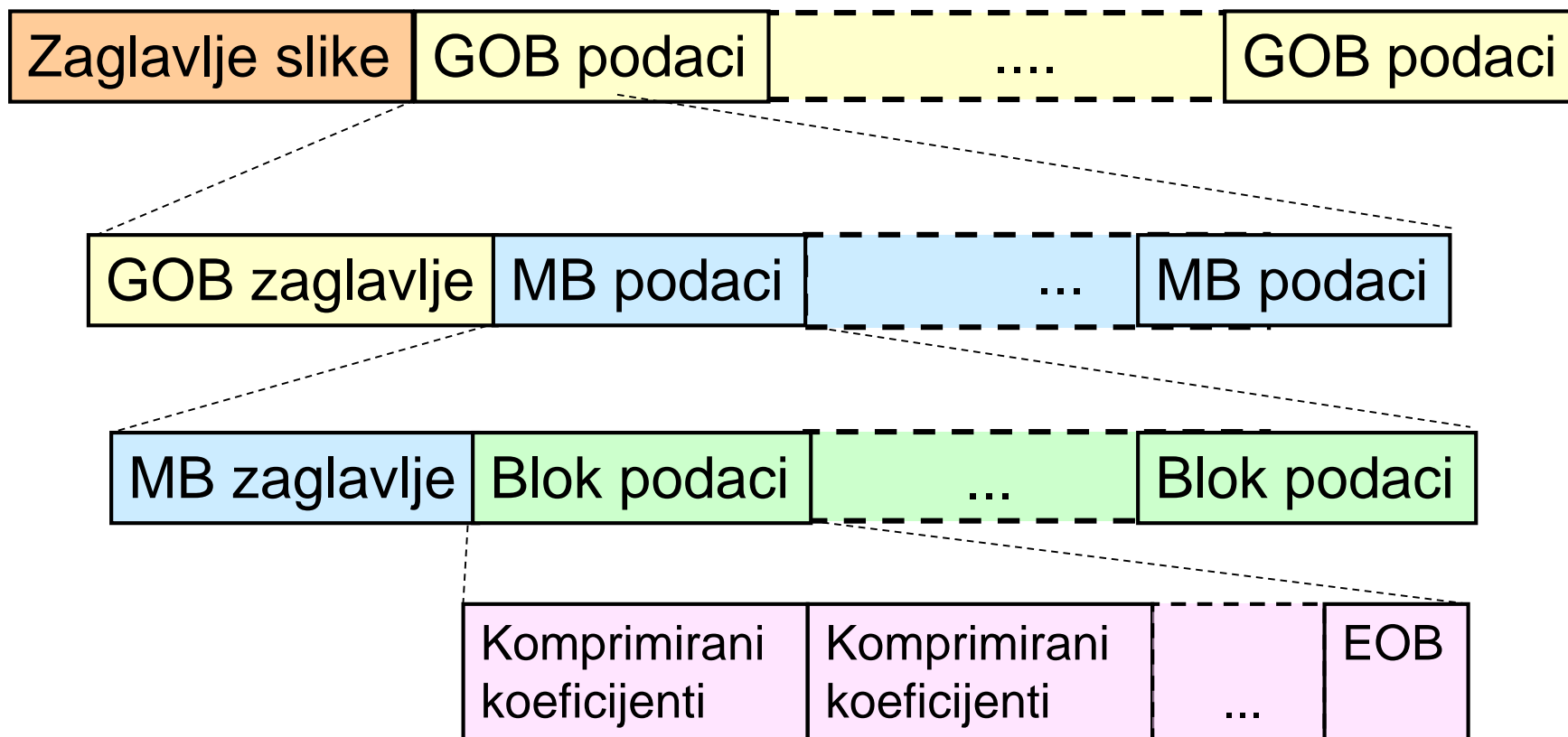
MB = 4 × B (Y) + 2 × B (Cb i Cr)

GOB = 3 × 11 MB

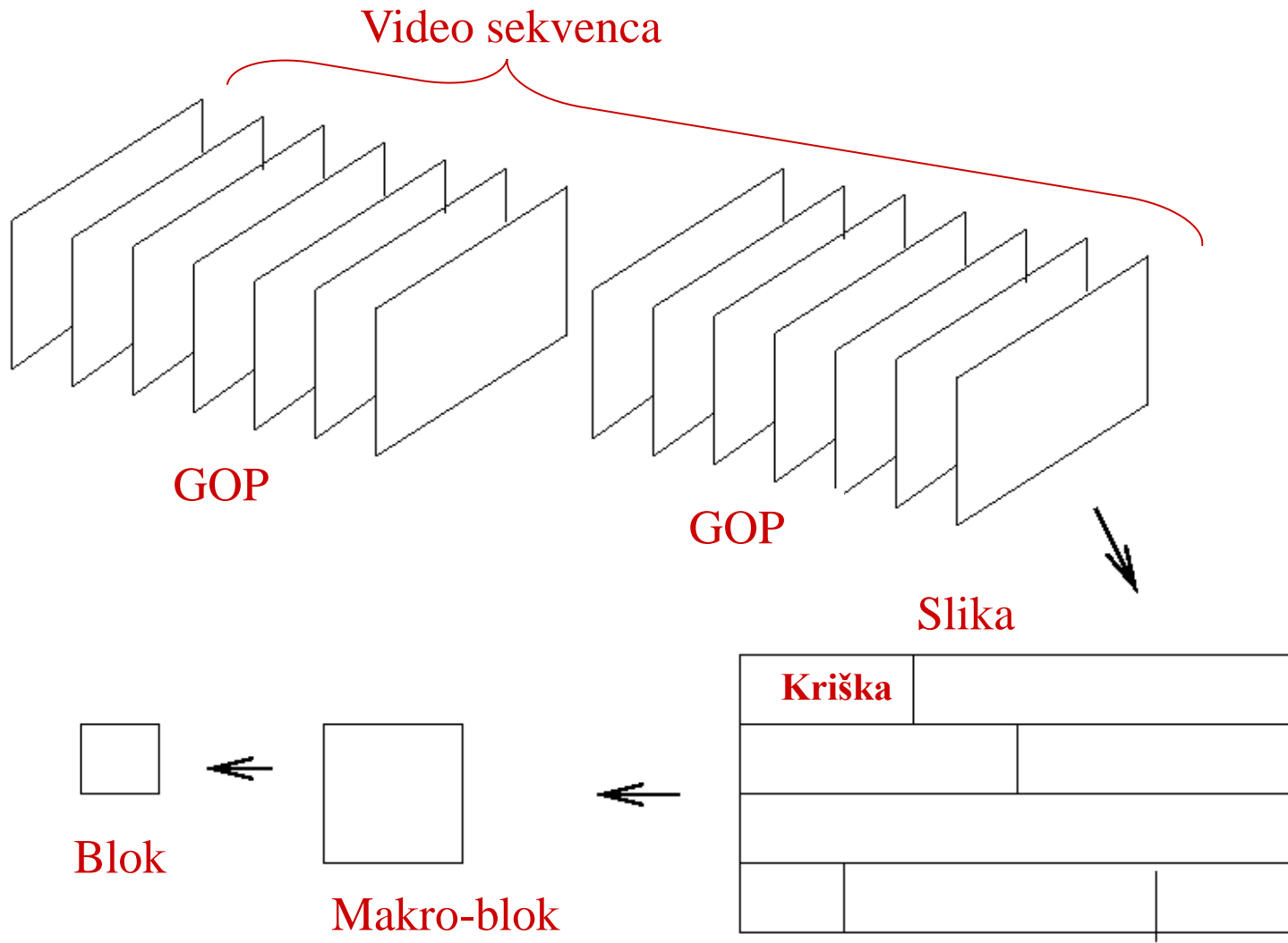
QCIF = 3 × GOB

Struja podataka u H.261

- Struja podataka formirana je hijerarhijski prema podjeli slike na jedinice podataka
- Zaglavlje s podacima koji važe za čitavu jedinicu
 - npr. radi li se o I- ili P-okviru; vektori pomaka; kvantizacijski faktori



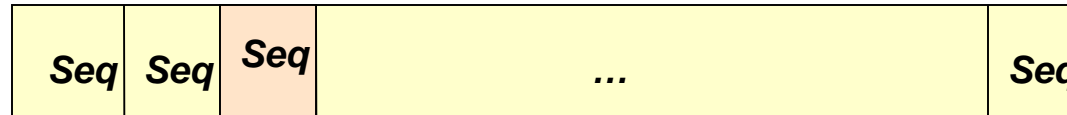
Primjer: MPEG-2



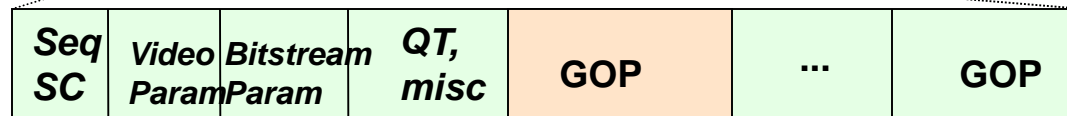
Primjer: MPEG-2



Zavod za
telekomunikacije



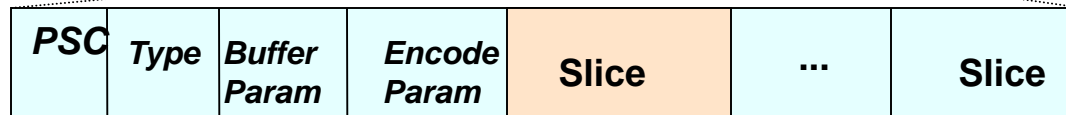
razina sekvence



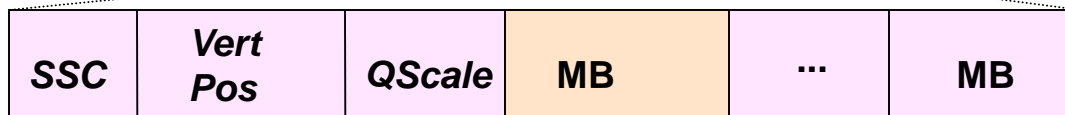
razina GOP



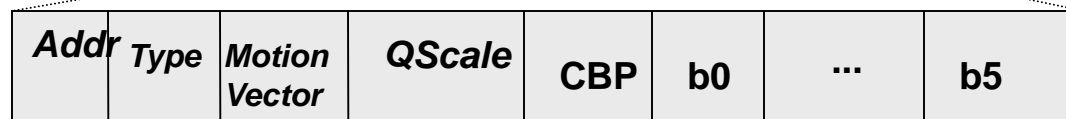
razina slike



razina kriške



razina makro-bloka



razina bloka

Norme i njihove primjene



Zavod za
telekomunikacije

