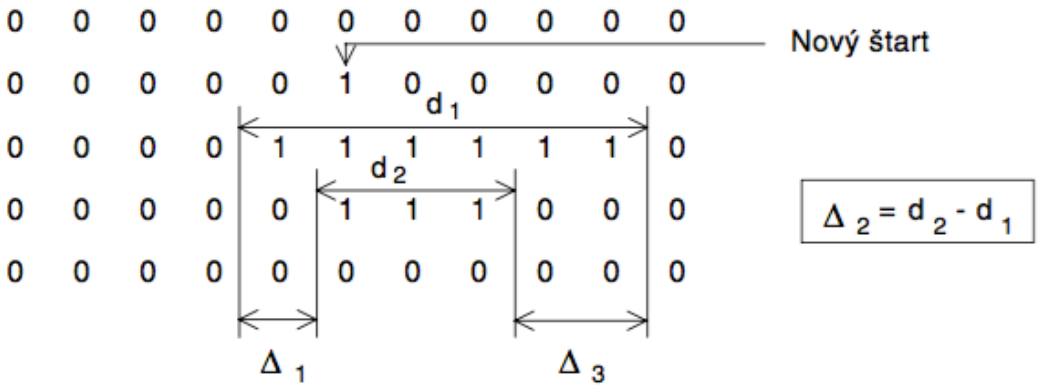
Kódovanie bitových rovín - kódovanie kontúr objektov: PDQ, DDC



Po štarte kódujeme každý riadok od „štartu“ objektu (jeho „najsevernejší bod“).

1) Najprv kódujeme prvý riadok: kóduje sa pozícia štartu (x,y) a dĺžka prvého riadku d1
2) Potom kódujeme riadky pod
   a. Metóda PDQ (predikčná diferenčná kvantizácia) kóduje pre každý riadok Δ_1, Δ_2, vo vzorcoch $d_2$predstavuje dĺžku aktuálneho a d_1dĺžku predošlého riadku
   b. Metóda DDQ (dvojnásobné delta kódovanie) kóduje pre každý riadokΔ_1, Δ_3
3) Na kódovanie uvedených hodnôt za použije niektorý z kódov s variabilnou dĺžkou slova kódujúci aj znamienko.

Príklad na obrázku:

PDQ	DDQ
1) Kóduj (x,y)=(6,2), d=1 2) Kóduj $\Delta_1 = -1, \Delta_2 = d_2 - d_1 = 6 - 1 = 5$ 3) Kóduj $\Delta_1 = 1, \Delta_2 = 3 - 6 = -3$	4) Kóduj (x,y)=(6,2), d=1 5) Kóduj $\Delta_1 = -1, \Delta_3 = 4$ 6) Kóduj $\Delta_1 = 1, \Delta_3 = -2$

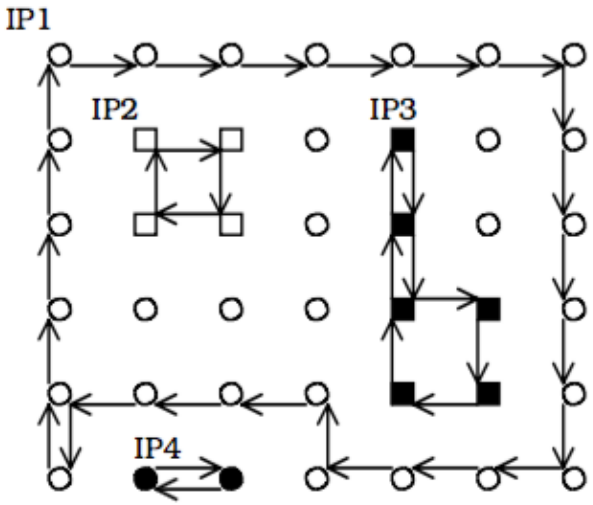
Viacúrovňové kódovanie

Podobný spôsob ako je PDQ a DDC kódovanie, je možný realizovať pre kódovanie obrazu, ktorý obsahuje viac kvantizačných úrovní [29]. Principiálne ide o opis uzavretých geometrických útvarov s rovnakou kvantizačnou úrovňou.

Pre realizáciu takéhoto kódovania je potrebné kódovať:

1. úroveň jasu (prípadne poradie farby),
2. štartovací bod príslušného objektu,
3. tvar objektu - uzavretú cestu od štartovacieho bodu opisujúcu obrys objektu a vracajúcu sa späť k štartu.

Postup je už len logickým riešením daného problému. Je potrebné obrysy označovať tak, aby v každom uzavretom reťazci existovala buď len príslušná kvantizačná úroveň alebo ďalší uzavretý objekt, s tou istou podmienkou. Ukážeme si to na príklade so štyrmi úrovňami:



Na záver potrebujeme zakódovať podľa tabuľky znaky napr. v poradí : poradie obrysu (IPx), úroveň, riadková súradnica IPx, stĺpcová súradnica IPx, smer prvého posunu, smer druhého posunu, ...

Kód je samozrejme najúčinnejší pri malom počte kvantizačných úrovní a veľkých jednoúrovňových objektoch.

Viacúrovňové kódovanie – tabuľky

poradie obrysu	kódové slovo
1	00
2	01
3	10
4	11

riadky a stĺpce	kódové slovo
1	000
2	001
:	
8	111

úroveň	kódové slovo
○	00
□	01
■	10
●	11

smer popisu	kódové slovo
↑	00
→	01
↓	10
←	11

Príklad kódovania:

00 –poradie obrysu IP1 (na spodku), 00-úroveň jasu „○“, 000-x, 000-y, 01-posun1, 01-posun2, 01, 01, ...,00, 00 (dorazili sme do počiatočných súradníc, tu je koniec) , 01 – poradie obrysu IP2 (nad IP1), ...

Kódovanie tvarov (videoobjektov) v MPEG4 – reťazový kód

Pri tejto metóde sú hranice objektu reprezentované uzavretou linkou. Kódovanie spočíva v zaznamenávaní smeru pohybu tejto linky. Kódovanie je ukončené, keď je dosiahnutý východzí bod.

Zakódované dáta určujú štartovací bod s prvým smerovým kódom a nasledujúce diferenčne zakódované smery. Ak VOP obsahuje viacero uzavretých liniek, tak reťazové kódy nasledujú za informáciou o počte oblastí.

Keďže reťazový kód je cyklický, smer môžeme diferenčne kódovať do hodnôt od –3 do 4:

$$d = \begin{cases} cn - cn\text{-}1 + 8, & ak\ cn - cn\text{-}1 > -3 \\ cn - cn\text{-}1 - 8, & ak\ cn - cn\text{-}1 < 4 \\ cn - cn\text{-}1, & inak \end{cases} \quad (4.1)$$

kde d je diferenčný reťazový kód, cn súčasný a cn-1 predchádzajúci smer. Na kódovanie d sa používa Huffmanov kód.

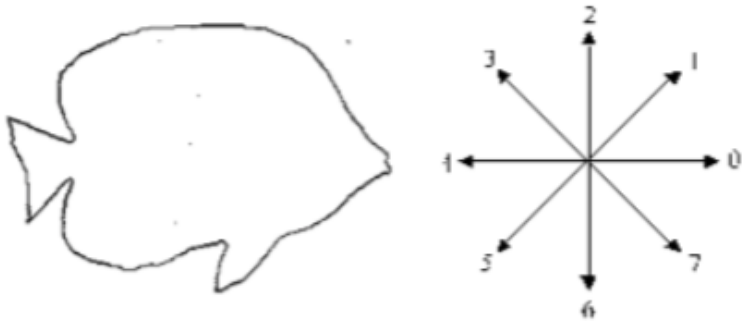
Huffmanov kód pre diferenčný reťazový kód

d	kód
0	1
1	00
-1	011
2	0100
-2	01011
3	010100
-3	0101011
4	0101010

Poznámka: Pozor, v texte vyššie sú operátory < > naopak!, t.j. správne je:

$$ak\ cn - cn - 1 < 3$$

$$ak\ cn - cn - 1 > 4$$



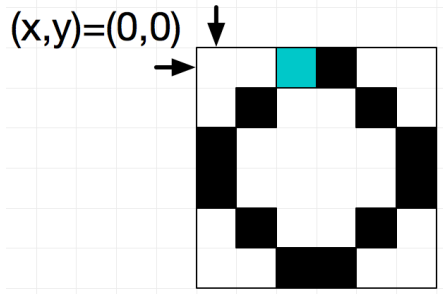
Obr. 6.7 Kódovaný objekt a znázornenie ôsmych kódovacích smerov [64]

Na strane prijímača je cn dekódovaná podľa vzorca

$$cn = (cn\text{-}1 + d + 8) \bmod 8$$

Príklad:

Objekt	Kódovanie hranice , začíname v bode (x, y) = (2, 0)



Začíname doprava (výsledok má 26 bitov)

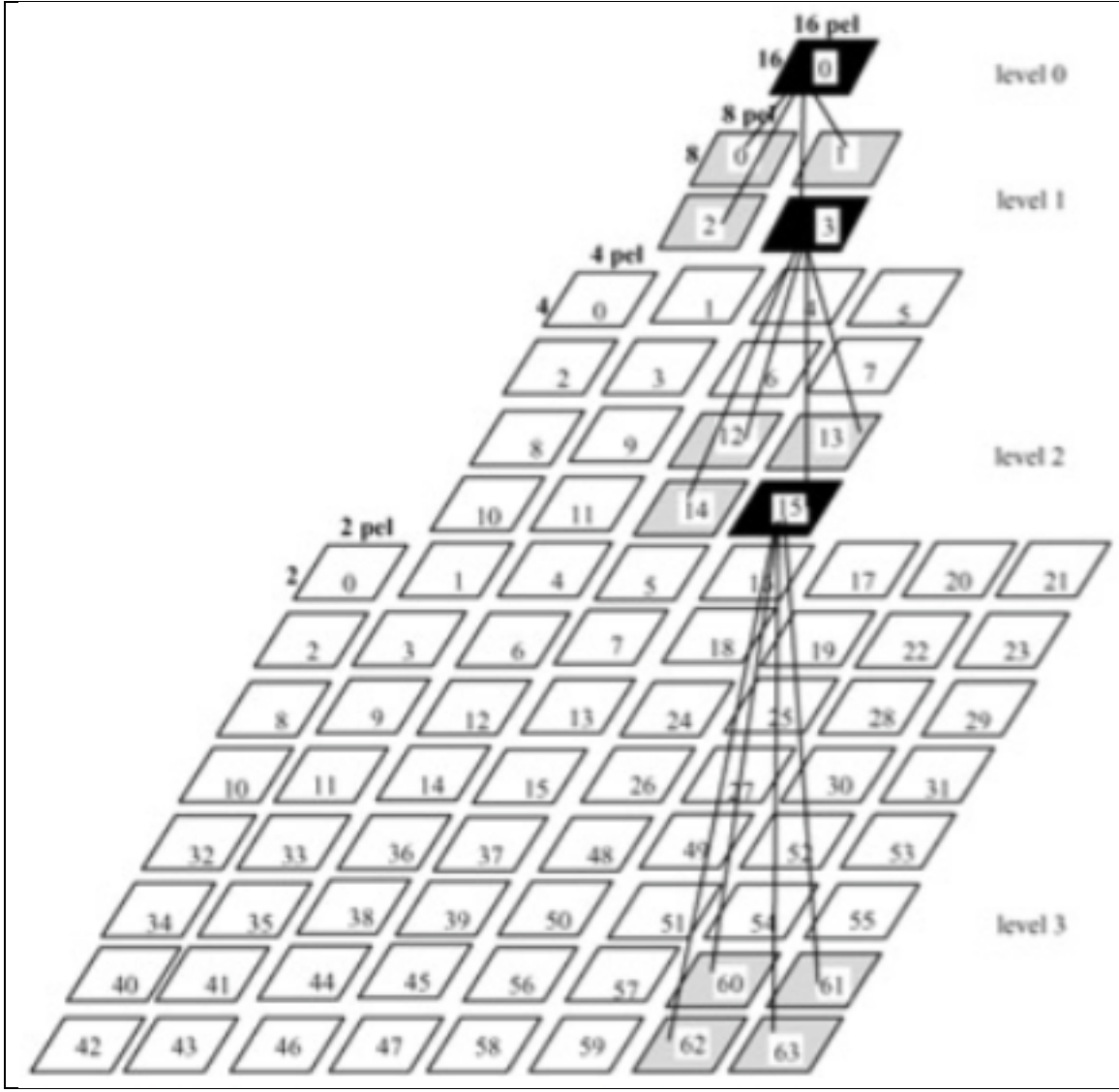
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
c_n	0	7	7	6	5	5	4	3	3	2	1	1
c_n-c_n-1	0	7	0	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0
d_n [-3,4]	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0
kód	1	011	1	011	011	1	011	011	1	011	011	1

Začíname doľava (výsledok má 25 bitov)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
c_n	5	5	6	7	7	0	1	1	2	3	3	4
c_n-c_n-1	5	0	1	1	0	-7	1	0	1	1	0	1
d_n [-3,4]	-3	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
kód	0101011	1	00	00	1	00	00	1	00	00	1	00

Kódovanie tvarov (videoobjektov) v MPEG4 – quad tree kódovanie

Vstup – tzv. BAB (Binárny Alfa Blok) bloky – veľkosti 16x16 (binárne hodnoty: 0=čierna, 255=biela), (t.j. 256 bitov informácie)



BAB blok vyjadruje hodnotami:

- kde objekt je
- kde objekt nie je

Každý BAB blok je vyjadrený hierarchicky:

- V úrovni 3 (L3) je rozdelený na 64 blokov, rozmeru 2x2
- V úrovni 2 (L2) je rozdelený na 16 blokov zo 4x4 pixelmi
- V úrovni 1 (L1) je rozdelený na 4 bloky zo 8x8 pixelmi
- V úrovni 0 (L0) je rozdelený na 16 blokov zo 16x16

Na obrázku vľavo je zobrazená hierarchia pre jeden BAB blok

Každý blok na každej úrovni je kódovaný pomocou čísla označovaného ako „index“.

Quad tree úroveň 3

b[0]	b[1]
b[2]	b[3]

Vypočítanie indexu pre každý zo 64 blokov:

IndexL3=27b[0] + 9b[1] + 3b[2] + 1b[3]

pričom

- b[i]=2 ak pixel=255, b[i]=0 ak pixelu=0
- dostávame takto 16 rôznych hodnôt intexu (min=0, max=80)

Tj. Výsledkom je 64 x 4 bitov= 256 bitov (zatiaľ sme nič neušetrili)

	horný_ index[0]	horný_ index[0]
ľavý_ index[0]	index[0]	index[1]
ľavý_ index[0]	index[2]	index[3]

Poprehadzovanie indexov (zvýšenie medziblokovej korelácie) v rámci štvorice indexov na základe situácie nad a vľavo od tejto štvorice:

Ak horný_index[0] < horný_index[1], vymeň index[0] s index[1] a index[2] s index[3] okrem sub-blokov 0,1,4,5,16,17,20 a 21

Ak ľavý_index[0] < ľavý_index[1], vymeň index[0] s index[2] a index[1] s index[3] okrem sub-blokov 0,2,8,10,32,34,40 a 42

Ak horný_index[0] + horný_index[1] < ľavý_index[0] + ľavý_index[1], vymeň index[1] s index[2] okrem sub-blokov 0,1,2,4,5,8,10,16,17,20,21,32,34,40 a 42

Quad tree úroveň 2

Analogický obrázok ako pri L3.	**Vypočítanie indexu pre každý zo 16 blokov úrovne 2 zo 4 indexov úrovne 3** Index_L2=27f(indexL3[0]) + 9f(indexL3[1]) + 3f(indexL3[2]) + 1f(indexL3[3]) pričom • f(x)=0 ak x=0 • f(x)=2 ak x=80 • f(x)=1 ináč
Analogický obrázok ako pri L3.	**Poprehadzovanie indexov (zvýšenie medziblokovej korelácie) v rámci štvorice indexov na základe situácie nad a vľavo od tejto štvorice** • Prehodenie je tym istým spôsobom ako pri leveli 3, t.j. vynechávajú sa prvy riadok a stĺpec pri niektorých výmenách.

Quad tree úroveň 1

Analogický obrázok ako pri L3.	**Vypočítanie indexu pre každý zo 4 blokov úrovne 1 zo 4 indexov úrovne 2 ako na druhej úrovni**
	Poprehadzovanie indexov nie je.

Quad tree úroveň 0

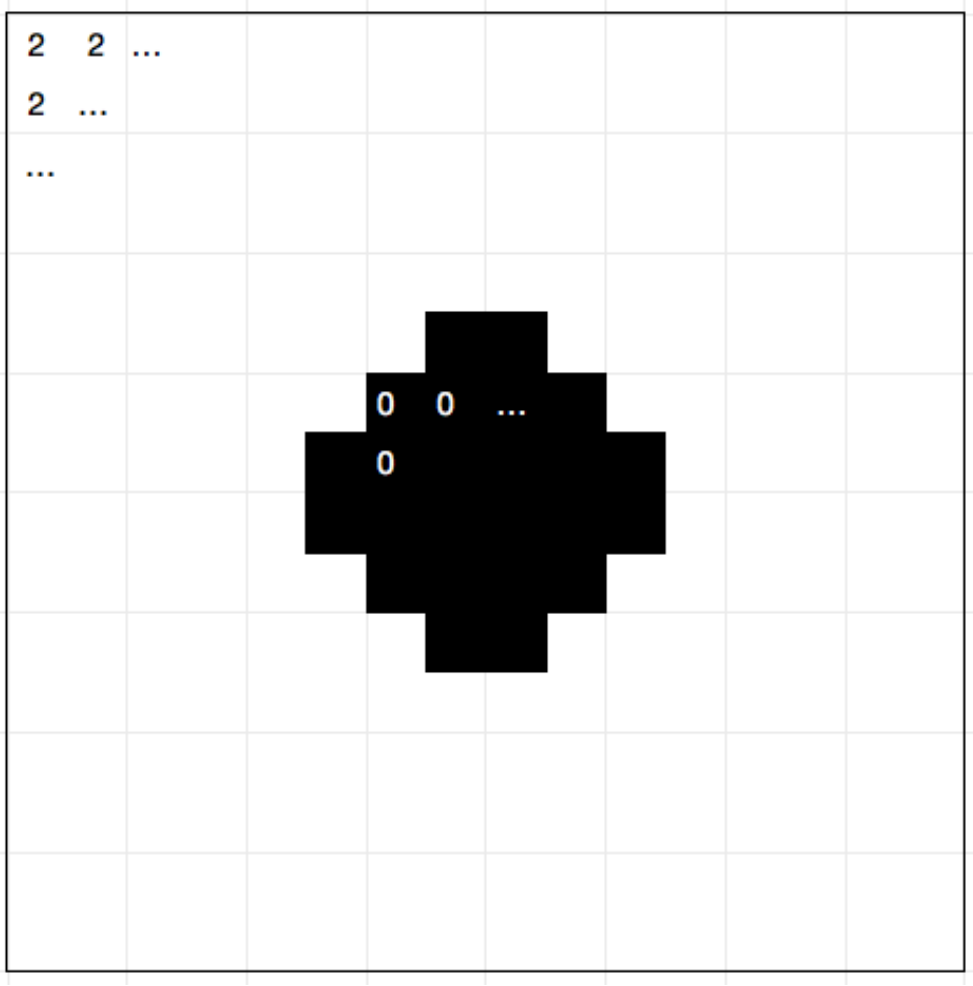
Analogický obrázok ako pri L3.	**Vypočítanie 1 indexu zo 4 indexov úrovne 2 ako na 1 úrovni**

Kódovanie:

- Máme 85 indexov (64+16+4+1), ktoré určujú ako čo bolo poprehadzované, tie si musíme pamätať
- Indexy kódujeme pomocou Huffmanovho kódovania(HK) (2 druhy)
- Postupujeme po úrovniach v poradí: 0, 1, 2, 3
- V rámci úrovne postupujeme podľa poradia na obrázku stromu.
- Hodnoty:
    - v úrovni 3 je 64 indexov, každý s 16 možnými hodnotami
        - jeden Huffmanov kód (preddefinovaná tabuľka)
    - v ostatných úrovniach majú indexy 80 možných hodnôt
        - druhý Huffmanov kód (preddefinovaná tabuľka)

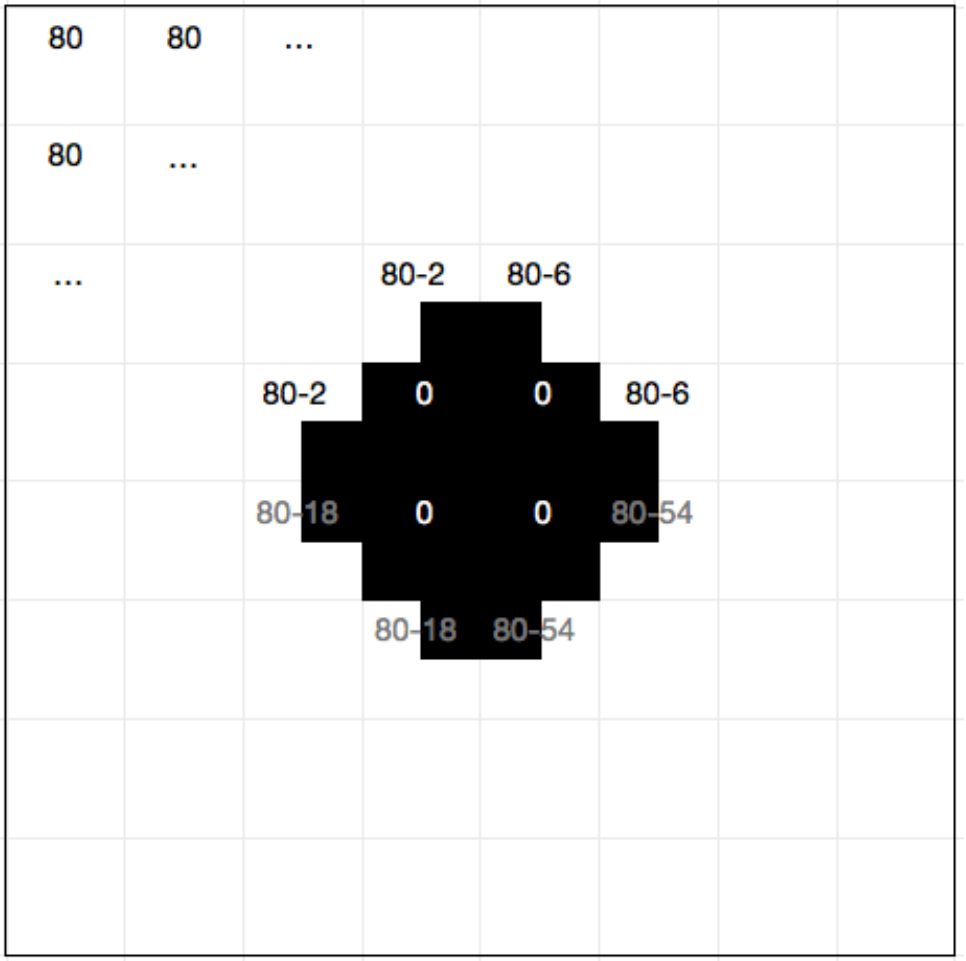
Príklad

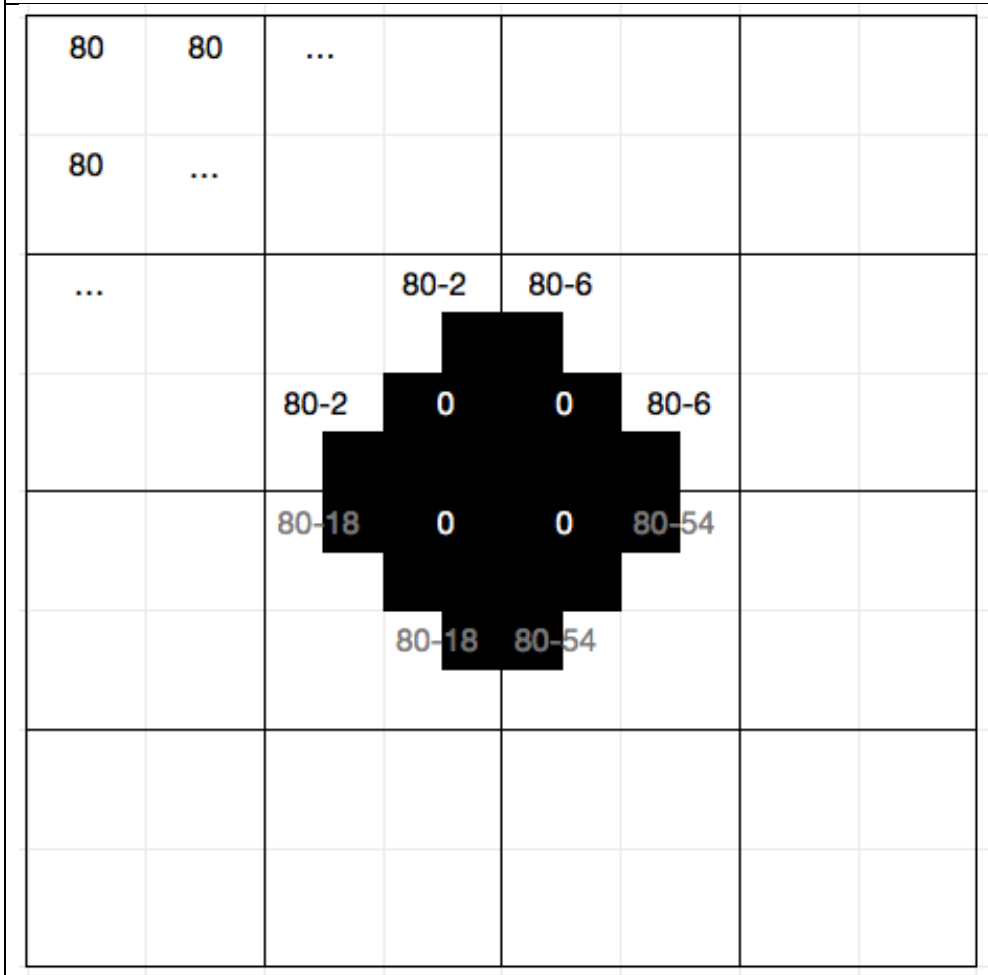
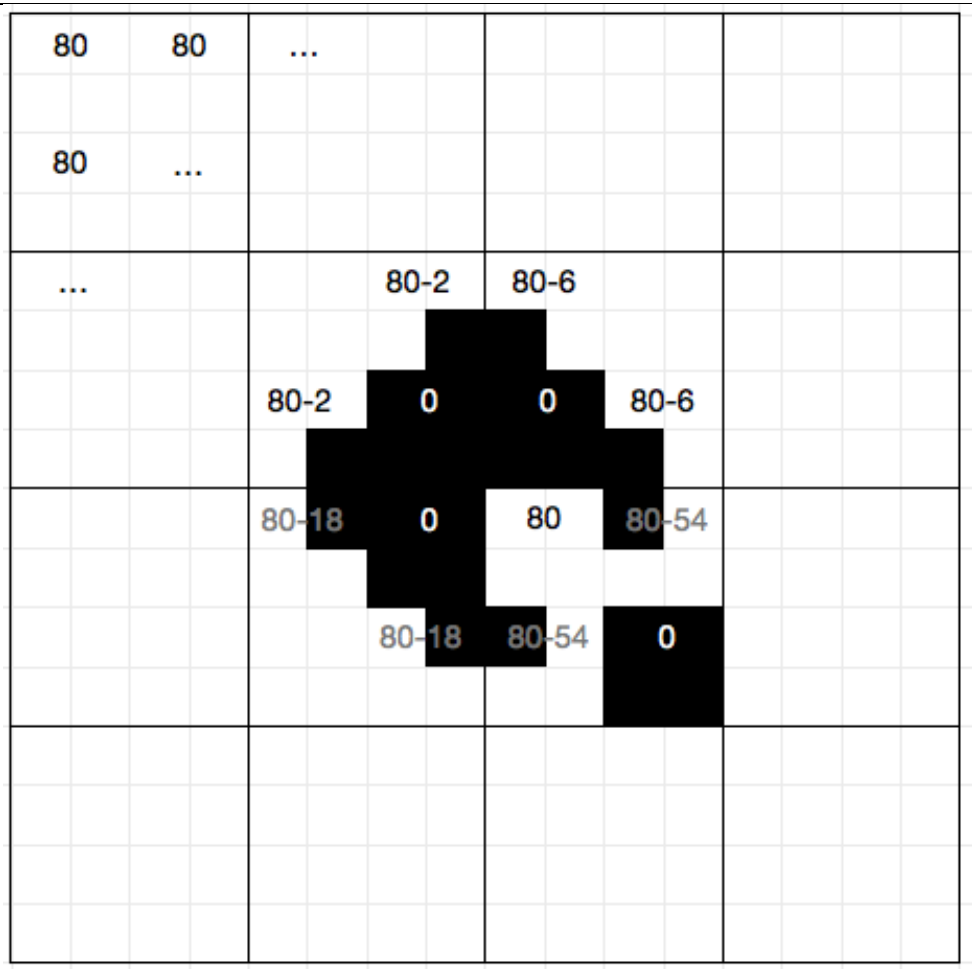
BAB blok 16x16 s naznačenými b hodnotami v leveli 3



Odpovedajúce indexy L3

- 27x2+9x2+3x2+2=80
- týchto 64 indexov sa kóduje pomocou HK



Indexy – nepovymienané v L3	Indexy – povymienané v L3 • v rámci belasého kvadrantu došlo k indexov vo vertikálnom aj horizontálnom smere (prvé 2 podmienky)
	

Následne sa pokračuje počítaním indexov pre L2 na základe povymieňaných L3 indexov

HEVC, H265, MPEG-H Časť 2

- HEVC (High Efficiency Video Coding) = MPEG-H Part 2 štandard = ITU-T H.265 štandard
- následník H.264/MPEG-4 AVC
  - podporuje rozmery až 8192x4320 (8K UHD)
  - používa veľké CTU (coding tree unit – 16x16, 64x64) – pomáha zvyšovať efektivitu
  - aj makrobloky môžu byť až 64x64

H.264

H.265

  - 33+2 smerov pre kompenzáciu pohybov (namiesto 9)
  - adaptívna predikcia vektorov pohybu
  - používa CABAC ako hlavný entropický kóder (a používa aj Golomb-Rice a Exp. Golombove kódy)
  - zvýšené možnosti paralelizmu (tiles, slices)
  - ...

HEVC – efektivita kódovania oproti H.264/MPEG2 AVC a VP9

- zdvojnásobuje kompresný pomer?
- Subjektívne porovnanie [Tak-Mrak-2014]:

	H.264/MPEG4 AVC			
	480p	720p	1080p	4K UHD
Redukcia bitovej náročnosti pre HEVC	52%	56%	62%	64%

- Objektívne (založené na PSNR) porovnanie
  - O cca. 35% [Ohm, Sullivan-2012]

	H.264/MPEG4 AVC	MPEG4 ASP	H.263	MPEG2
Redukcia bitovej náročnosti pre HEVC	35.4%	63.7%	65.1%	70.8%

- Porovnanie s VP9 (formát vyvinutý googlom)
  - 49.5% redukcia

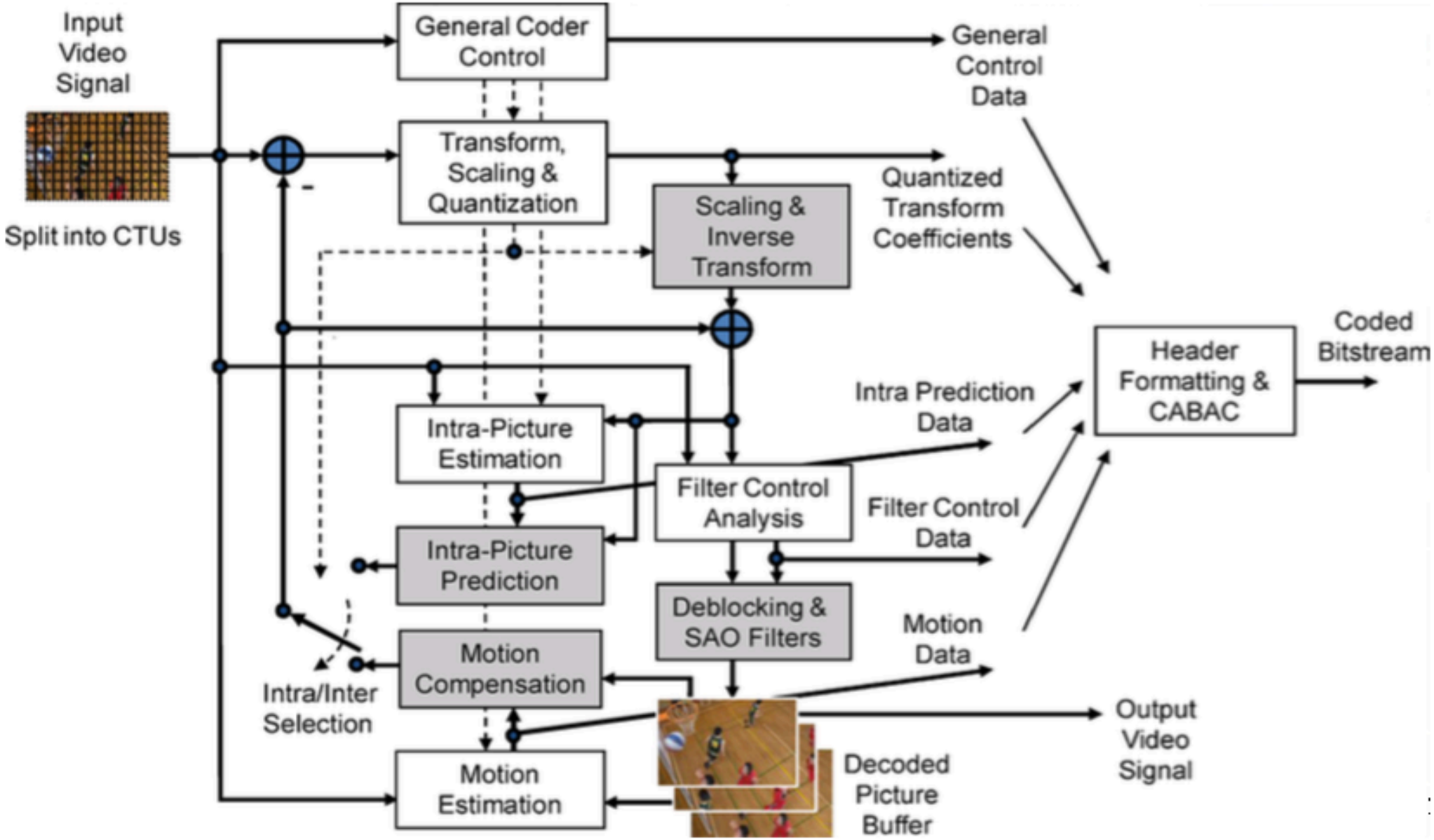
H265 obsahuje aj profil na kódovanie statického obrazu

- Profil: Main Still Picture (MSP)
- Štúdie [Hantart2013], [Ugur2013] ukazujú, že je efektívnejší ako JPEG 2000
  - Redukcia bitovej náročnosti 20% (PSNR), 30% (MOS)

Poznámka k patentovaniu:

- každý kto chce používať HEVC musí platiť tzv. „royalties“ držiteľom patentov, t.j. skupinám MPEG LA, HEVC Advance
- UHD Konkurencia (sú patentované, ale pre voľné pouzitie):
  - VP9 (Google) – „royalty free“, BSD licencia, WebM a Matroska kontajner
  - Daala (Xiph.org) – na voľné použitie, BSD licencia, Ogg kontajner

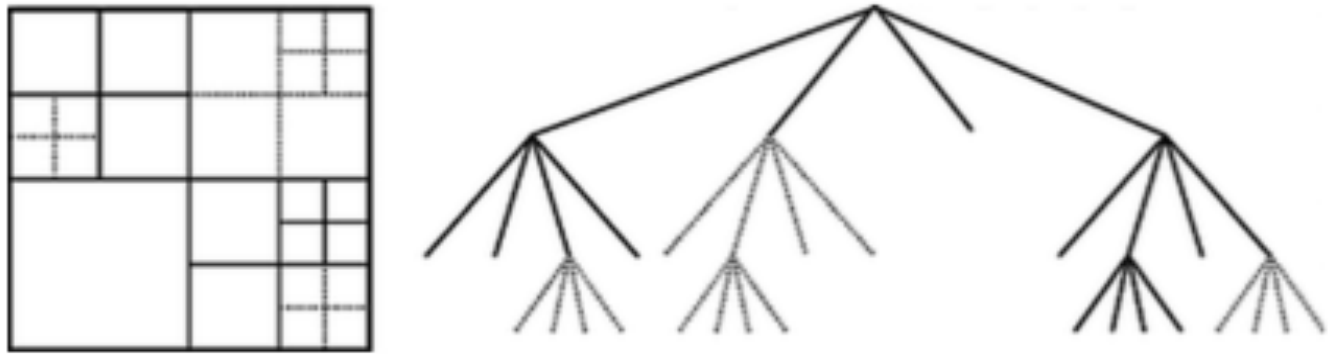
Bloková schéma H.265 enkódera



Pozn.: Sivé časti modelujú dekóder

Delenie na bloky v HEVC ...

- obraz sa rozdelí na CTU
  - každá CTU sa logicky skladá z CTB (coding tree block) blokov pre jasovú a jednotlivé chromatické zložky (YCbCr), každá sa vzorkuje ináč (typicky 4:2:0 – polovičný počet bodov v každom smere pre obe chrominančné zložky)
  - CTB majú rozmery 16x16, 32x32, 64x64
    - CTB sa delia na Coding blocks (CB) logicky formujú CU (coding units)
      - CB sa delia na PB (predistion blocks) logicky formujú PU (prediction units) (4x4 až 64x64)
      - CB pri kódovaní rezidua sa **<u>rekurzívne</u>** delia na quadtree zložené z TB (transfrom blocks), ktoré logicky formujú TU (Transform units)
        - TB majú rozmery 4x4 až 32x32 (DCT, alebo DST transformácia + Kvantizácia)
        - DST sa používa ako celočíselná pre kódovanie luminancie

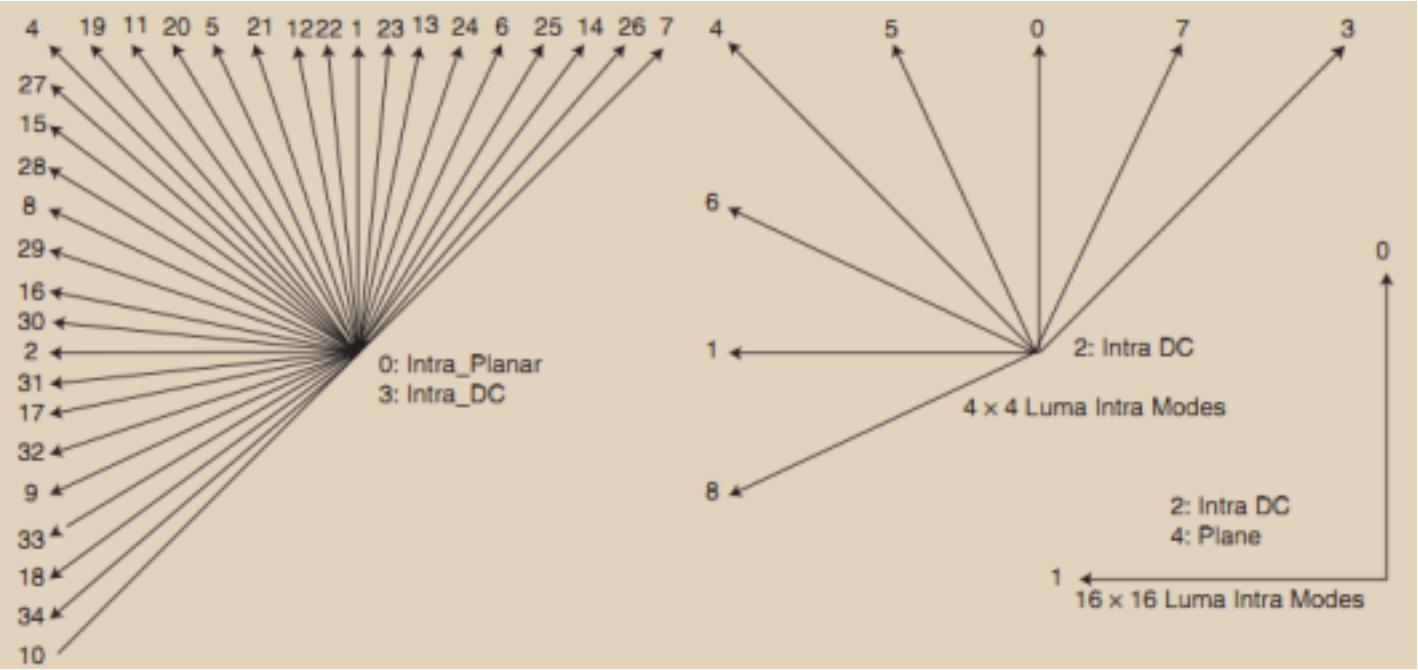


Delenie CTB: Plné čiary sú CB, čiarkované TB

CABAC v H.265

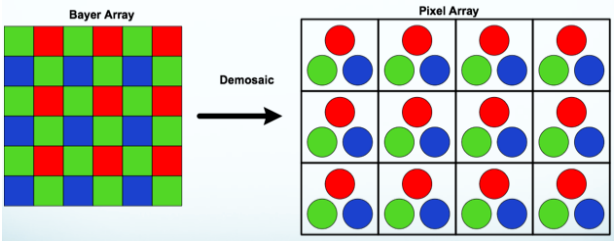
- menej kontextov ako v H.264
- menej závislostí, avšak stále efektívnejší ako v H. 264

Definícia smerov na kompenzáciu pohybu (vľavo H.265, vpravo H. 264)



CineForm RAW format

- proprietárny CineForm (akvizícia GoPro) vizuálne bezstratový video kodek
- štandardizovaný v.r. 2014 ako Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) standard ST 2073 VC-5
- používa waveletovú kompresiu (2/6 wavelet filter)
- 8-24 bitová hĺbka
- RGGB Bayer RAW formát



	Bit-Depth	Native Resolution	Color Space	Compression Algorithm	Compression Ratio	Data-Rate
CineForm RAW™	10-bit	2K	RAW Bayer	VBR Wavelet	5:1 (RAW)	114Mb/s[5]
Sony HDCAM-SR	10-bit	1920x1080	4:2:2 YUV 4:4:4 RGB	MPEG-4 SP	2.7:1 (4:2:2) 4:1 (4:4:4)	440Mb/s
Sony HDCAM	8-bit	1440x1080	3:1:1 YUV[4]	CBR DCT	5.6:1[2]	144Mb/s
Sony XDCAM-HD	8-bit	1440x1080	4:2:0 YUV[4]	VBR MPEG-2	44:1-22:1[2]	18-35Mb/s
Panasonic DVCProHD	8-bit	1280x1080	4:2:2 YUV[4]	CBR DCT	10:1[2]	80Mb/s[3]
HDV	8-bit	1440x1080	4:2:0 YUV[4]	CBR MPEG-2	32:1[2]	25Mb/s