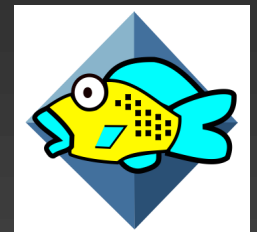


Kontejnery a video



Multimediální kontejner

- Obálka užitečných dat
 - několik datových proudů
 - multiplexing
 - nespecifikuje, jak jsou data (video, zvuk, ...) komprimována
- Různé druhy dat
 - video – např. pohledy různých kamer
 - audio – různé jazyky
 - titulky, informace o kapitolách, tagy, atd.
- Běžné
 - RIFF: AVI (zastaralé), WAV...
 - **MP4**, MOV, ASF, **MKV** (Matroska), RealMedia, OGG, MPEG-TS, MPEG-PS atd.



Video



Komprese videa

- CODEC = Coder/DECoder
- Klíčové snímky
 - nejsou závislé na ostatních
 - nutné kvůli editaci
- Symetrický x Asymetrický systém
 - podle nároků na kompresi/dekompresi
 - asymetrický – komprese výrazně náročnější
- Psychovizuální model
 - výrazně zvyšuje kvalitu
 - obvykle příliš náročné – pouze offline

Bezeztrátové komprese

- Pro úpravy, editaci, mezivýsledky
 - Přímá data barevného modelu s různým uspořádáním
 - RGB, YUV, UYVY, YV12, ...
 - Velké datové objemy a toky
- Každý snímek je **klíčový**
 - nezávislý na ostatních, můžeme stříhat kdekoliv
- Plně bezeztrátové
 - HuffYUV, Lagarith, FFV1, ...
- Ztrátové kodeky s neobvyklým nastavením
 - H.264 Lossless, H.265 Lossless, AV1
- Nezávislé (klíčové) snímky, každý z nich ztrátový
 - MJPEG, ProRes, DV, ...

Ztrátové komprese videa

- redukce dat v **místě** (spatial, intraframe)
 - vyhledává podobnosti v jednom snímku
- redukce dat v **čase** (temporal, interframe)
 - vyhledává podobnosti mezi různými snímky, tj. v čase
- **Nejběžnější** jsou rodiny formátů MPEG, VC a **AV1**
 - malé množství klíčových snímků
 - ostatní snímky jsou vzájemně silně závislé
 - nelze jednoduše editovat (stříhat) – nutné překódování
 - asymetrický systém – komprese výrazně náročnější
 - většinou sdílené know-how s JPEG
 - YCbCr, subsampling, makrobloky 16x16, DCT, RLE, Huffman, **+vektory pohybu, +m-vec odkazy mezi snímky**

MPEG

- Skupina **ztrátových** formátů od Motion Picture Expert Group
 - každá generace zhruba zdvojnásobí max. rozlišení, a půlí potřebný datový tok při zachování kvality
- MPEG-1
 - VCD
 - MPEG1 layer 3 = **MP3**, audiostopa
- MPEG-2
 - DVD, původní digitální televizní a satelitní vysílání
(DVBT = Digital Video Broadcasting Terrestrial, DVBS = Sattelite)
- MPEG-4 ASP
 - **DivX**, Xvid...
- MPEG-4 AVC = **H.264**
 - MP4, BD, iTunes...
- MPEG-H part 2 = **HEVC = H.265**
 - současné digitální televizní a satelitní vysílání
- VVC = h.266
 - nadcházející standard (představen r.2022), zatím skoro žádná podpora

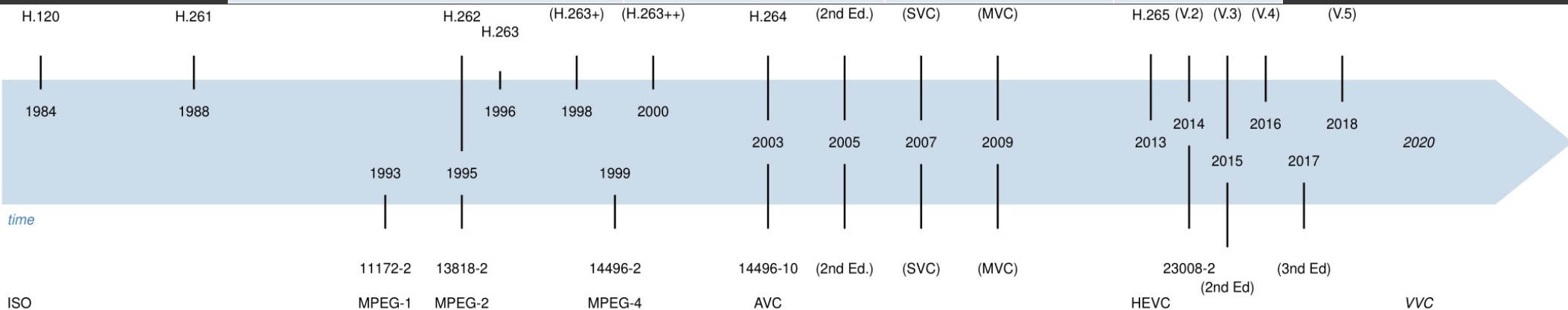
AV1, VP8+9

- MPEG jsou (draze) placené kodeky
 - firmy hledají náhradu, nejlépe zdarma
- 2015 **AV1** (\approx h266 = VVC)
 - open-source konsorcium AOM
 - hardwarová podpora
 - současná špička
- 2010: VP8 (\approx h264)
 - Google kupuje a uvolňuje zdarma
- 2015: VP9 (\approx h265 = HEVC)
 - většina Youtube videa, přechází se na AV1



Historie formátů video komprese

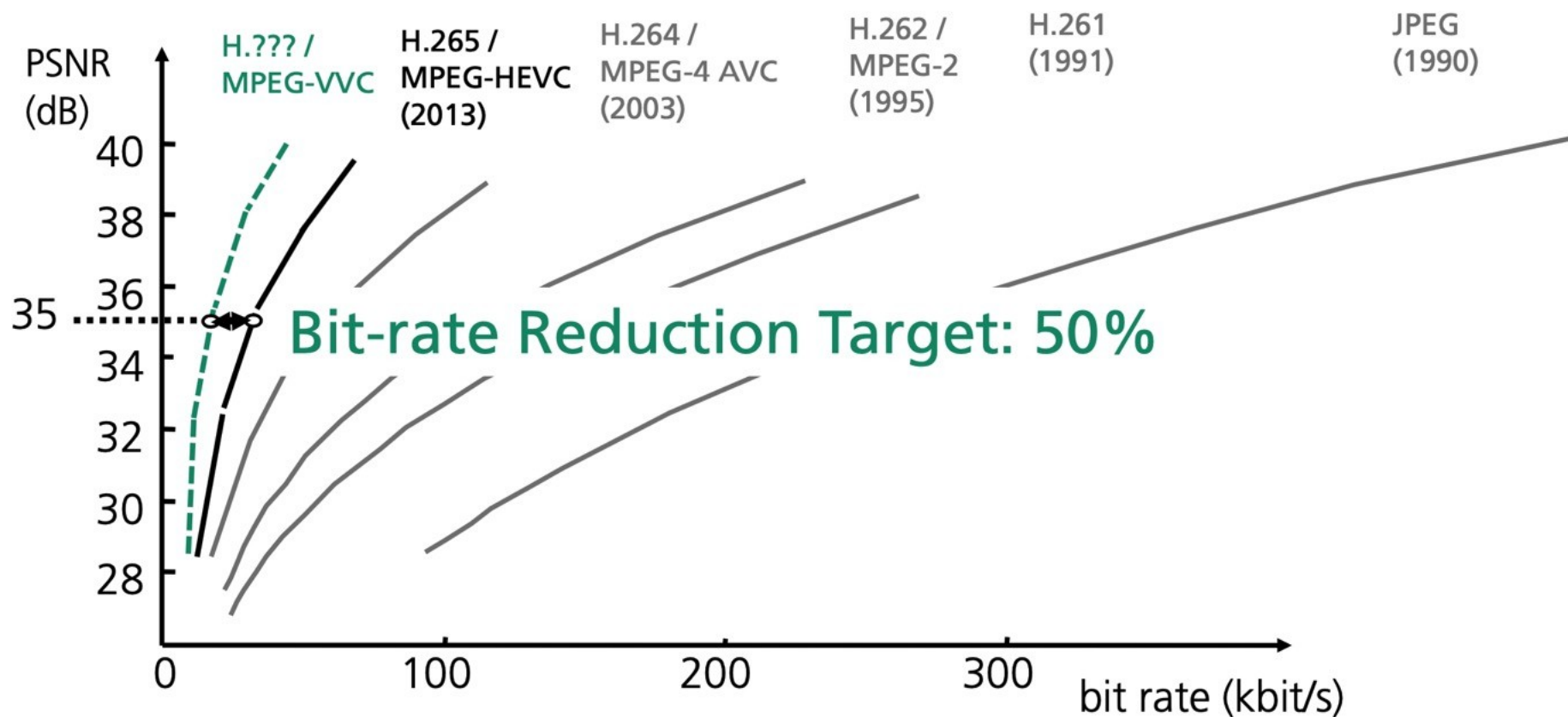
Obchodní název	ISO/IEC standard	ITU-T standard	Dokončení
H.261	-	H.261	1988
MPEG-1 Video	MPEG-1 Part 2	-	1993
MPEG-2 Video	MPEG-2 Part 2	H.262	1995
H.263	-	H.263	1996
MPEG-4 Visual (DivX, Xvid)	MPEG-4 Part 2	-	1999
AVC	MPEG-4 Part 10	H.264	2003
HEVC	MPEG-H Part 2	H.265	2013
AV1	-	-	2018
EVC	MPEG-5 Part 1	-	2020
VVC	MPEG-I Part 3	H.266	2020



Vývoj efektivity MPEG kodeků

VVC – Coding Efficiency

Target for the final VVC standard

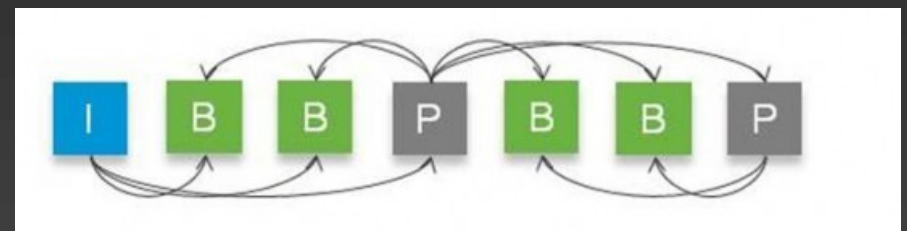
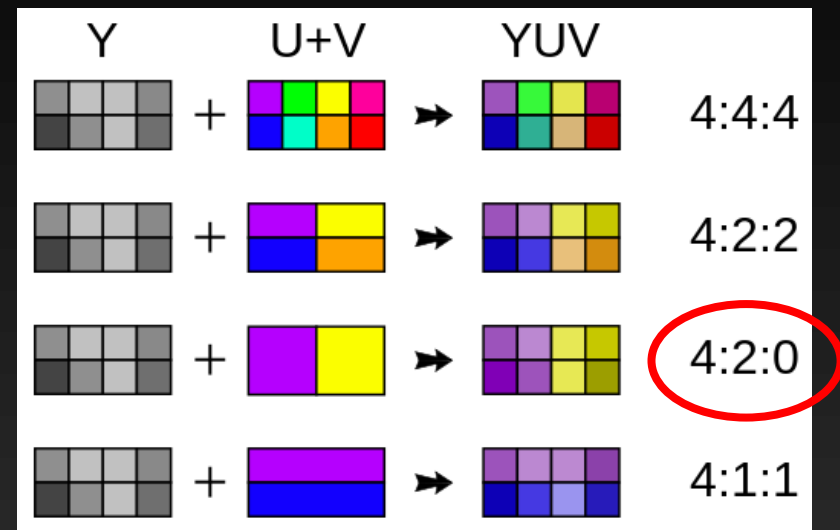


pokračování MPEG

- Sdílí techniky a postupy s JPEG
 - YCbCr, podvzorkování barev, makrobloky (16x16, adaptivní), DCT, kvantizace, RLE, Huffman
 - + vektory pohybu oblastí ve snímku
 - + vektory pohybu oblastí mezi snímky
- Vektor pohybu (motion vector) se snaží zakódovat pohyb stejné oblasti, a ušetřit tak data
 - vznikají vizuální chyby
 - je nutné přidat **data k opravě** chyb
 - tvoří většinu datového proudu
- Ztrátovost formátu
 - podvzorkování barev, omezení frekvencí kvantizací, omezení množství dat pro opravu chyb

MPEG

- Podvzorkování barev
 - obvykle 4:2:0
- GOP
 - Group Of Pictures
 - skupina navzájem závislých snímků
 - nemohou být odděleny
 - začínají I snímkem (klíčovým, nezávislým), od něj se odvíjejí další



Příklad převodu a podvzorkování

0



1



2



3



4:2:0

$W \times H$



Y

$$\frac{W}{2} \times \frac{H}{2}$$



Cb

$$\frac{W}{2} \times \frac{H}{2}$$

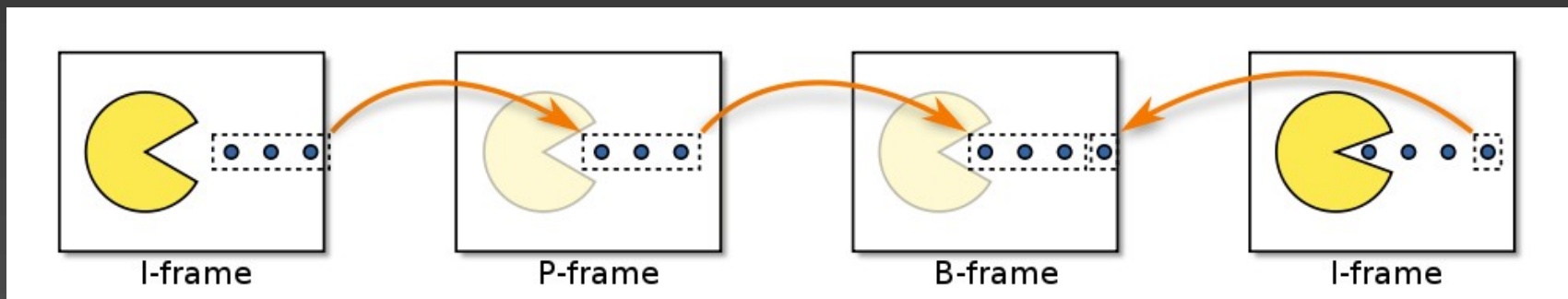


Cr

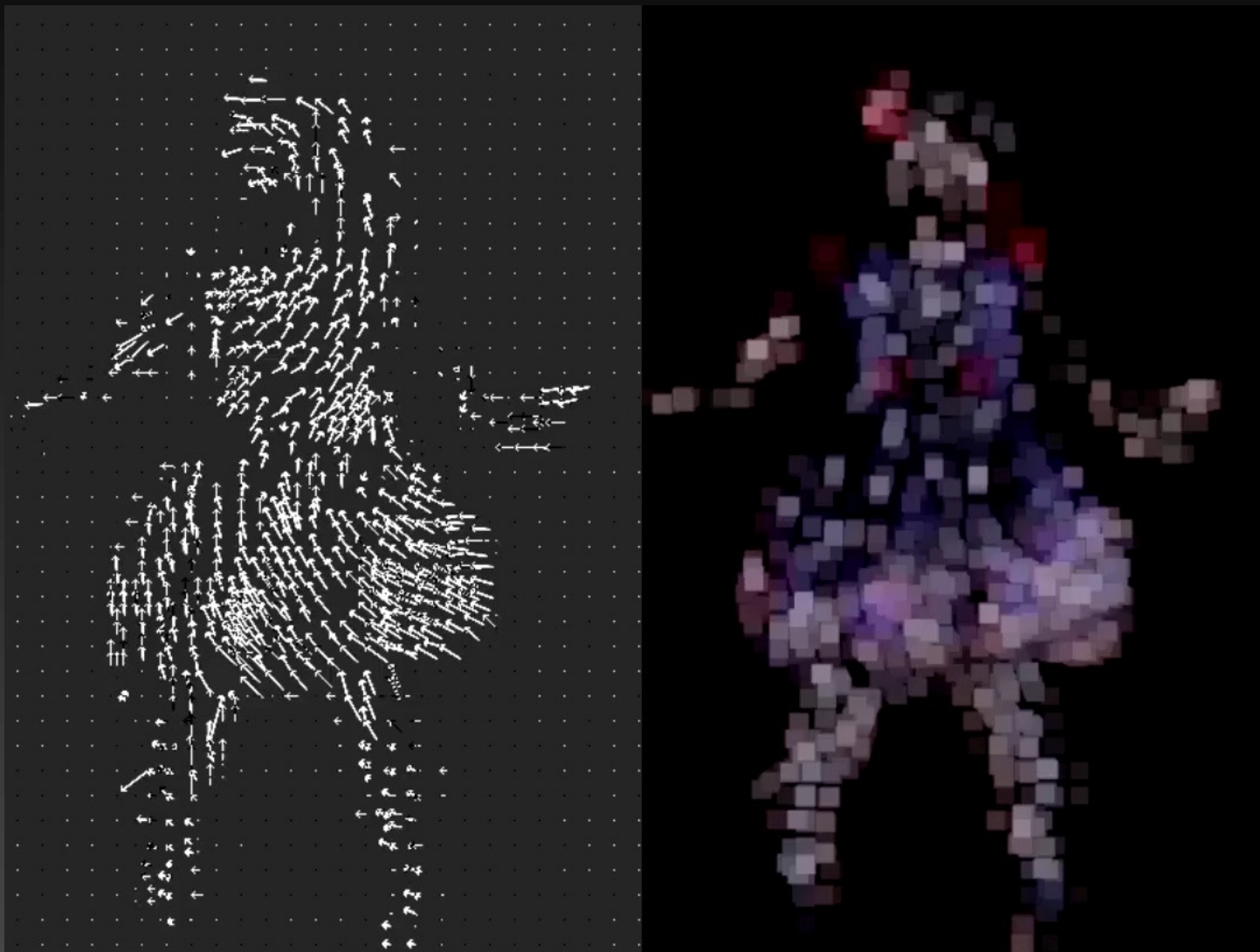
P, B snímky

(I = klíčový)

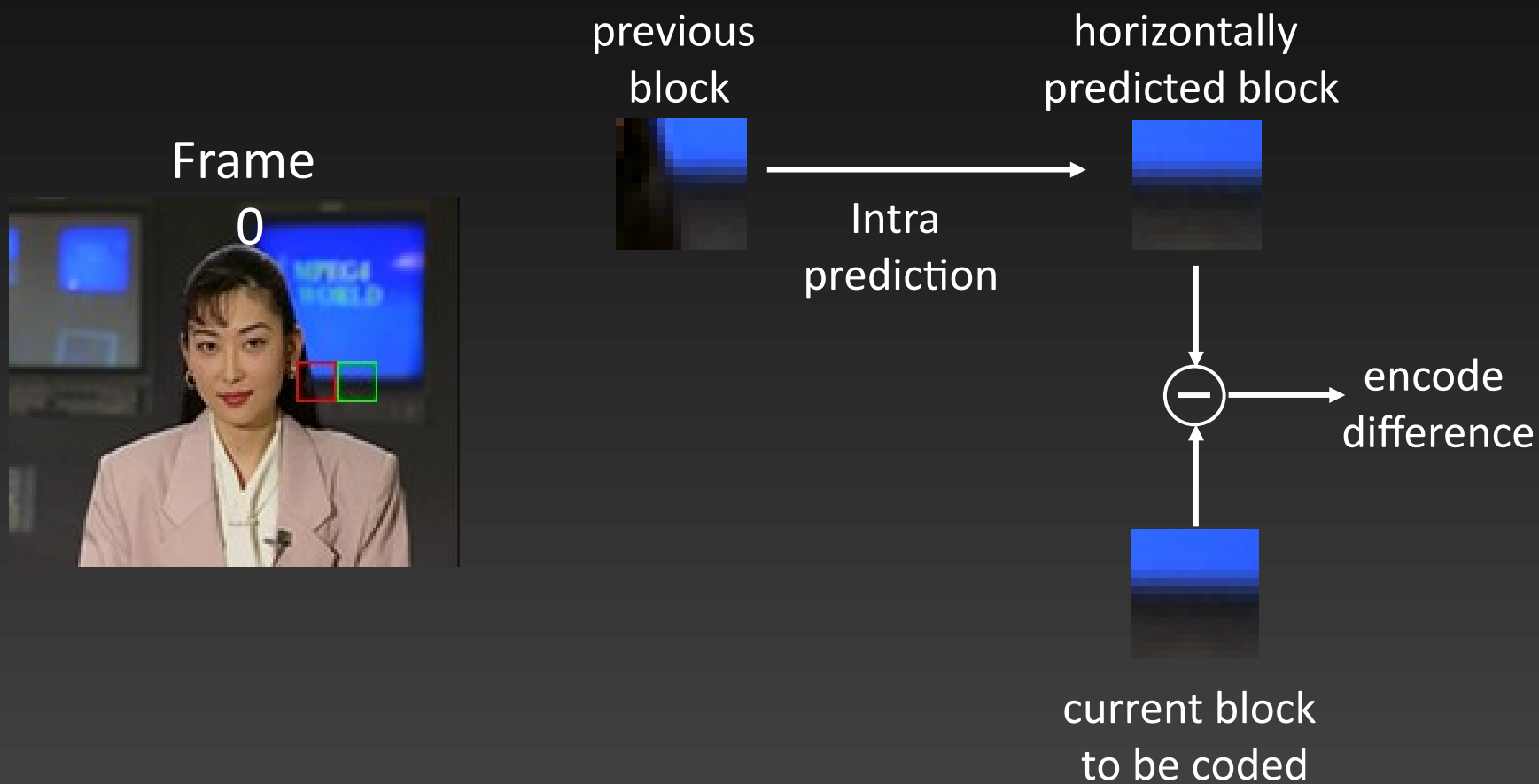
- Obsahují vektory pohybu + opravu chyby
 - I = 1 m-vektor na makroblok, intraframe (uvnitř snímku)
 - P = 1 m-vektor na makroblok, interframe (mezi snímky)
 - B = 2 m-vektor na makroblok, interframe (mezi snímky)
- + interpolace
- NULL frame = nic se nezměnilo (užitečné např. pro záznam obrazovky)
 - Jak vyrobit I, P a B snímek?



Vektory pohybu (Motion Vectors)



Příklad intra-frame MV



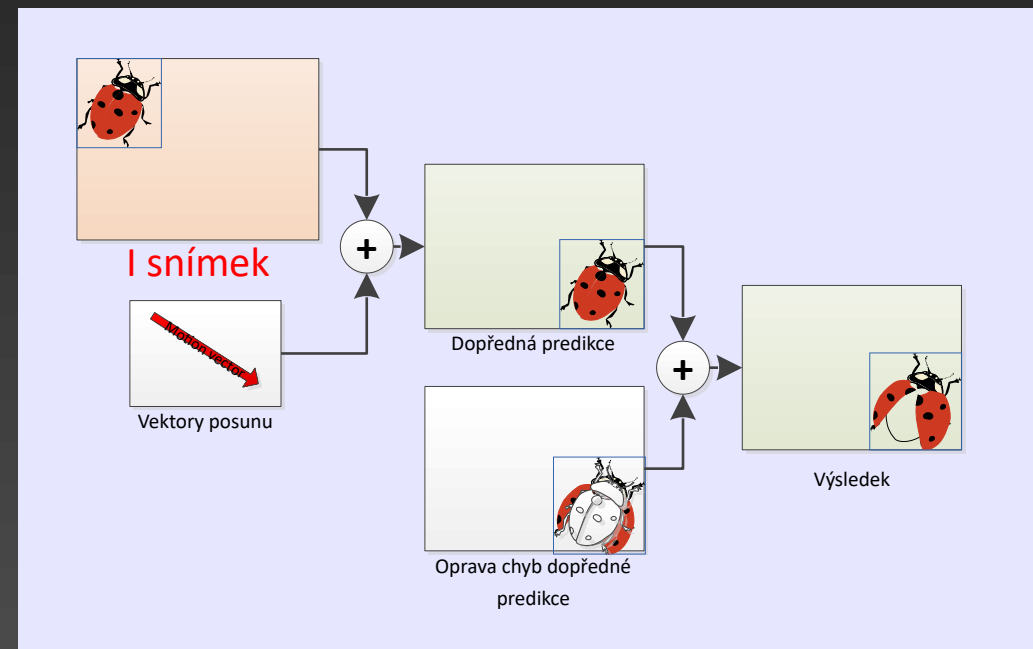
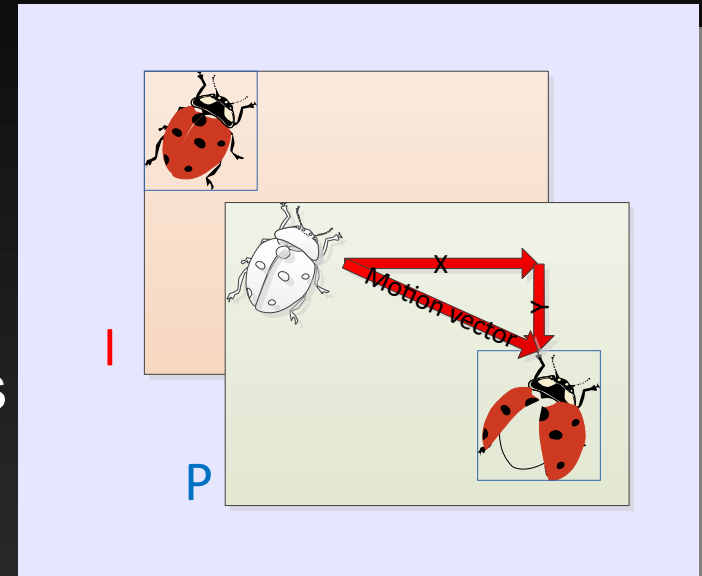
Vektory pohybu v P, B snímku

(I snímek = klíčový = přibližně JPEG)

- Odhad pohybu (motion estimation)
= Vyhledání podobnosti
 - Na makroblocích (16x16)
 - Přesnost 1, 1/2 nebo 1/4 pixelu
 - SAD Sum of Absolute Differences

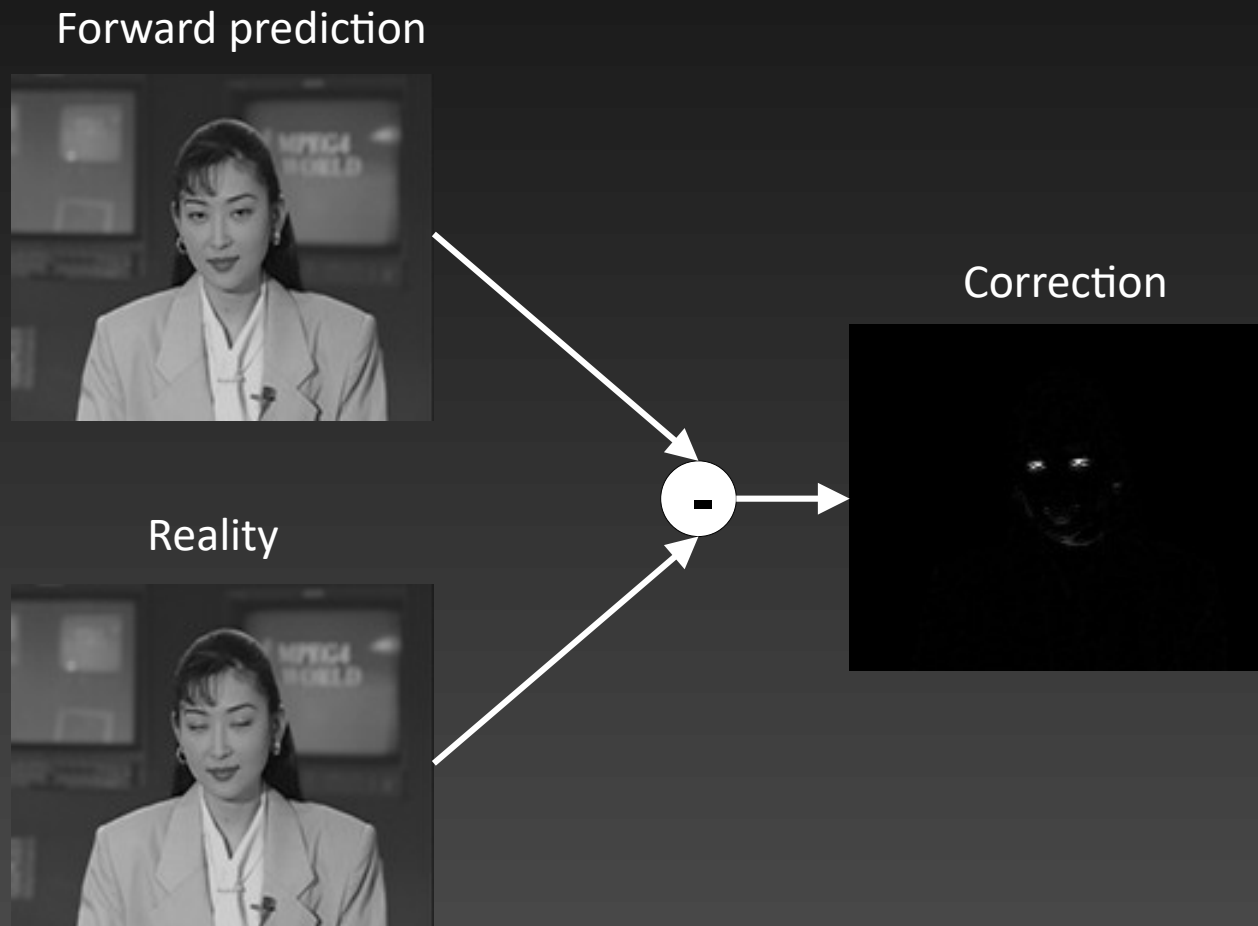
$$SAD = \sum_{x=0}^{w-1} \sum_{y=0}^{h-1} |B_2(x, y) - B_1(x, y)|$$

- hledáme minimum
 - exhaustive (-15...+15)
 - logaritmicky (2^n)
 - hierarchicky, ...
- P snímky = 1 vektor na MB
- B snímky = 2 vektory na MB
+ interpolace

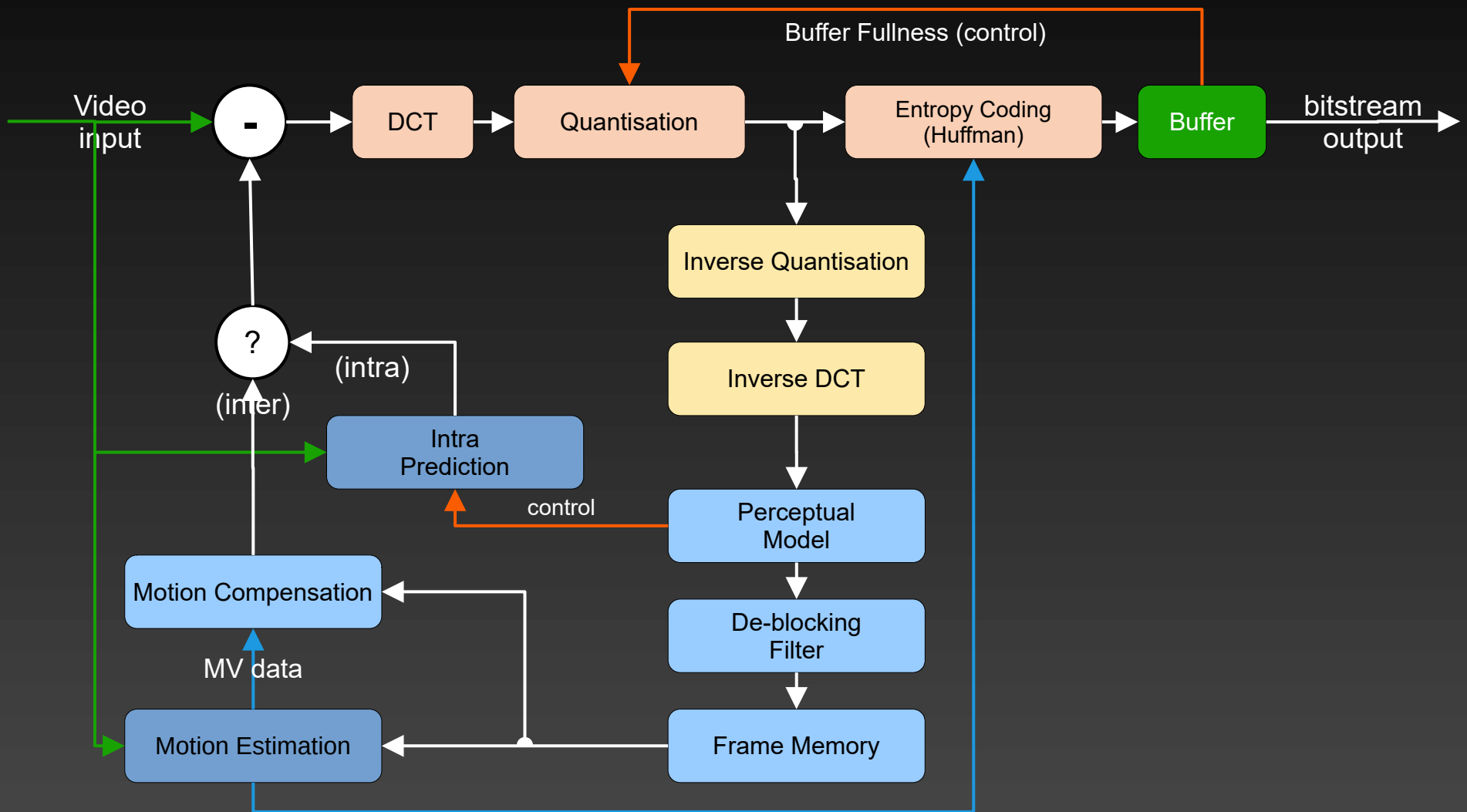


Příklad rozdílu dopředné predikce a očekávaného výsledku

- rozdíl následně zakódován obdobně JPEG
 - DCT → kvantizace → neztrátová komprese



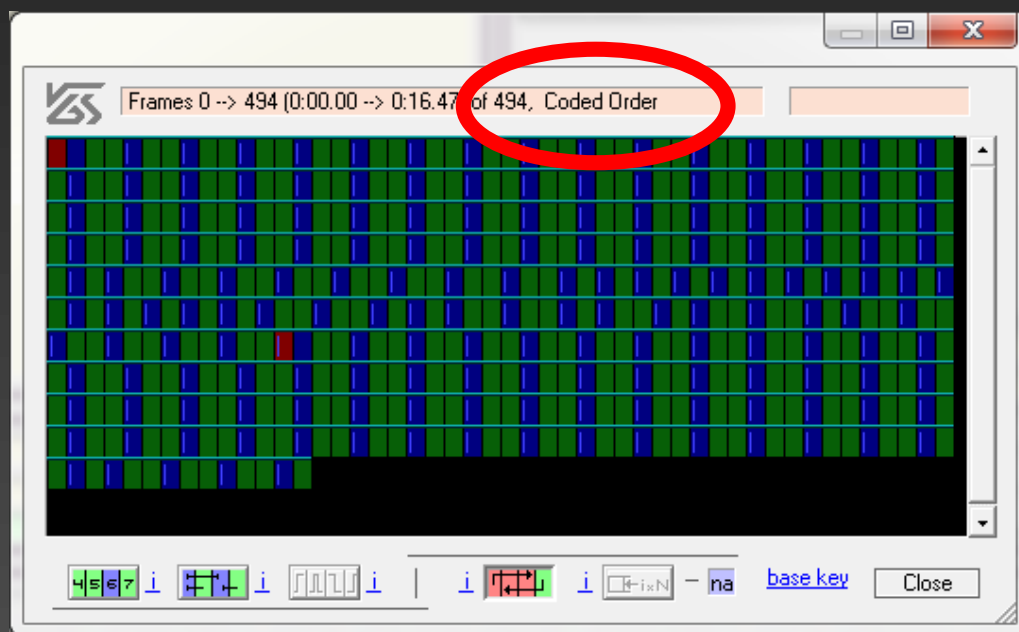
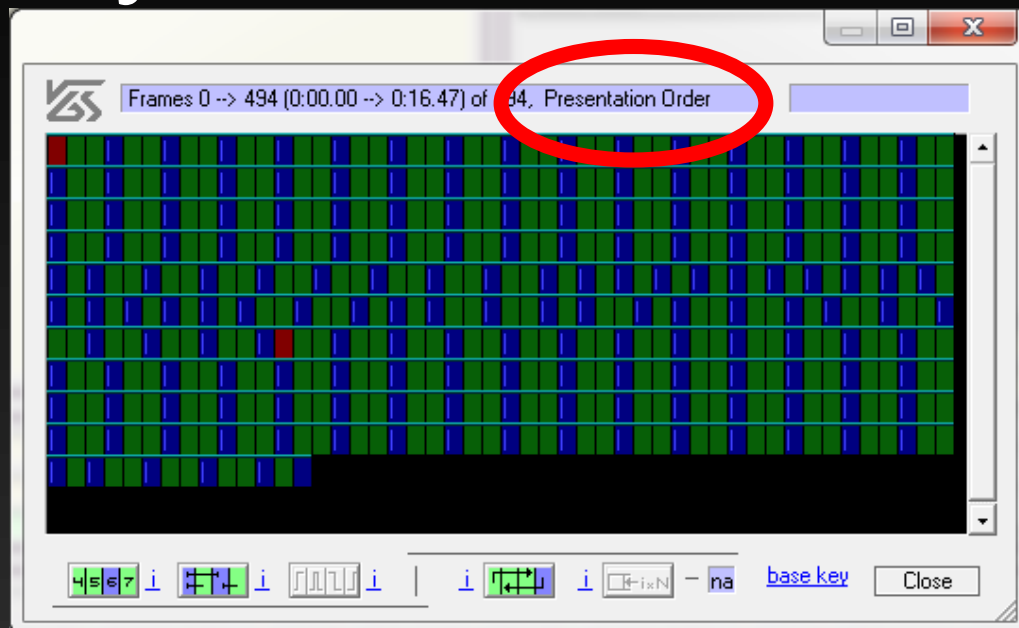
Video Encoder



Pořadí uložených snímků

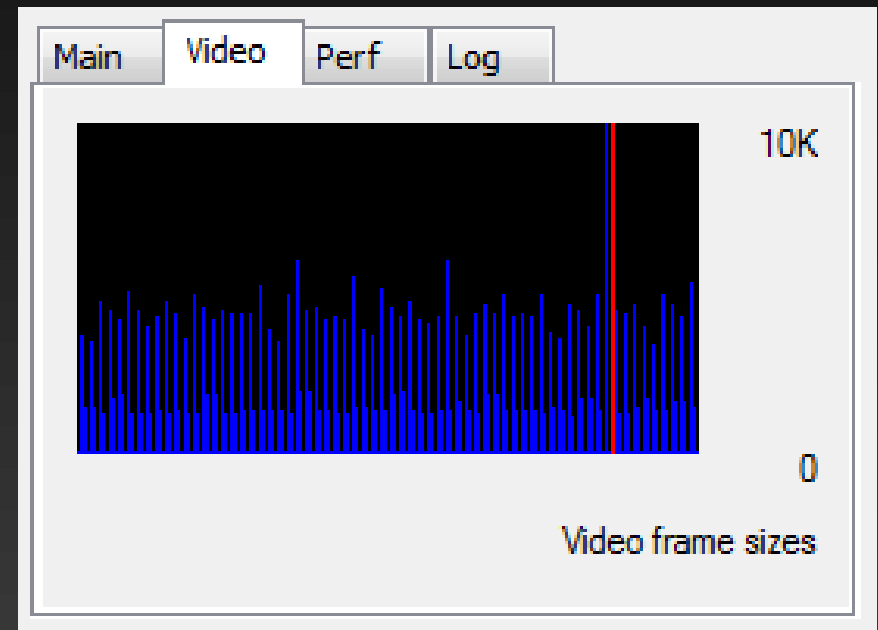
- I snímek
- P snímek
- B snímek

pamatujte, GOP =



Velikosti snímků

- **I** snímek
 - úplný, nezávislý, největší
- **P** snímek
 - může použít jen data I, střední
- **B** snímek
 - může použít data I a P, nejmenší



HEVC...

- H.264 Vs H.265

H.264/AVC

16x16 Macroblock



Block coding structure

3 Intra partitioning



4 Inter partitioning



+4 sub-partitioning 8x8



2 Transform sizes:
4x4, 8x8



Up to 9 Intra prediction directions

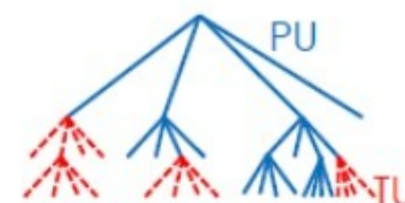
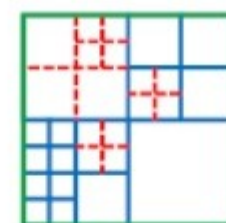


HEVC



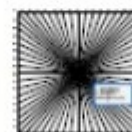
Coding Unit
64x64 to 8x8

Quadtree coding structure



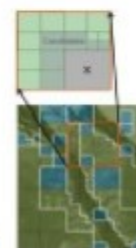
Prediction Unit and Transform Unit partitioning

⇒ Multiples sizes/forms: 64x64 to 4x4



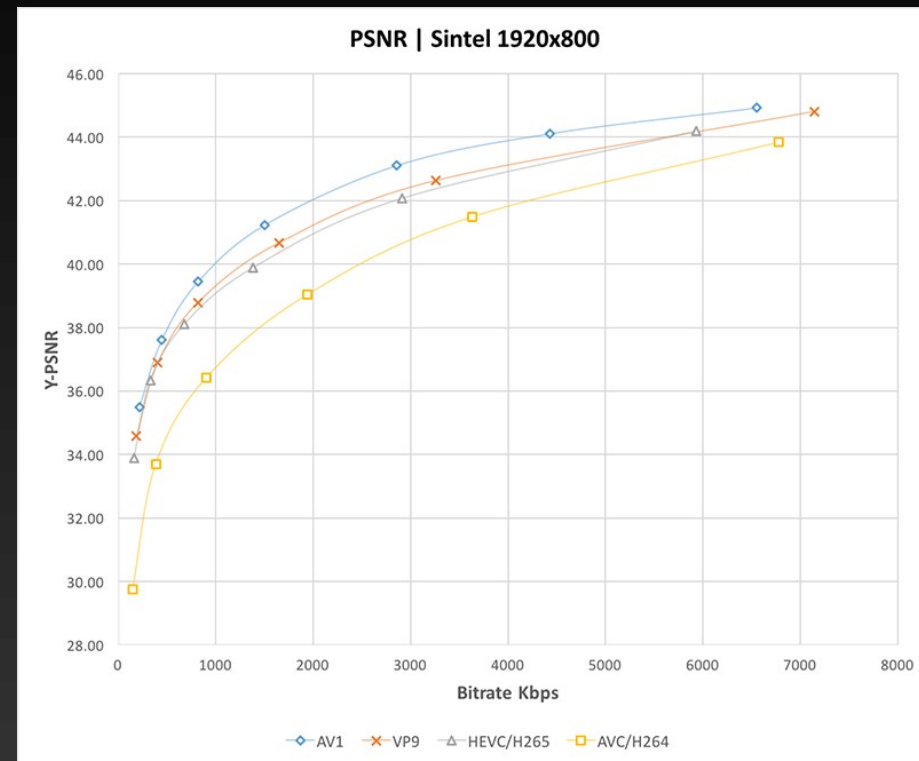
35 Intra prediction directions

Efficient spatio-temporal mv prediction



Využití ztrátových kodeků (MPEG a spol.)

- Pouze **koncový** formát
 - není určen pro další úpravy
- Ztrátový
 - při opakovaných úpravách ztrácí stále víc informace, až je výsledek nepoužitelný
- Demo
 - Re-encoding MP4 videa

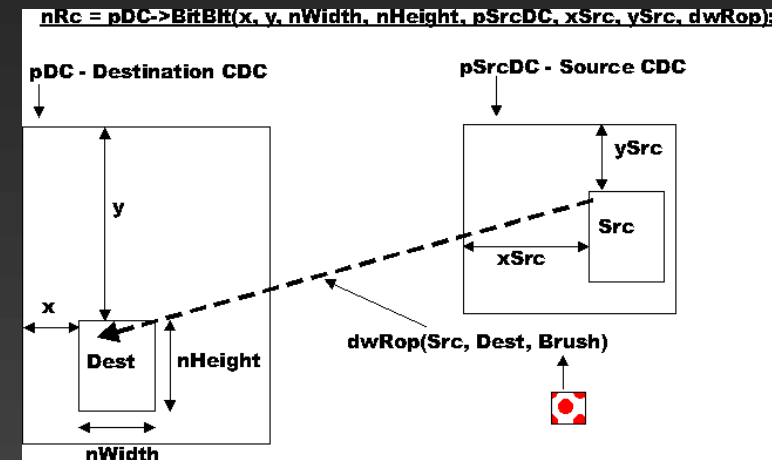


<https://www.youtube.com/watch?v=icruGcSsPp0>

2D akcelerace obrazu

2D akcelerace

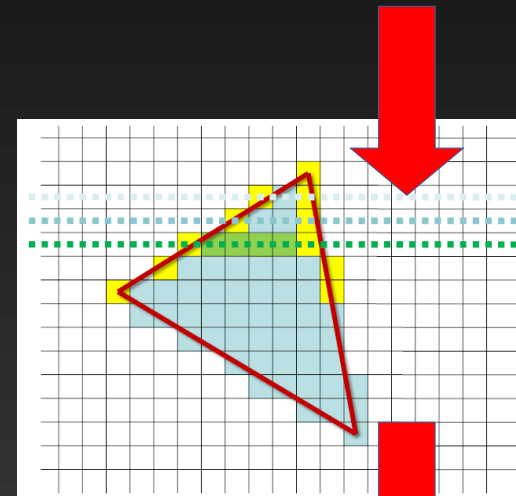
- **Není** to akcelerace vykreslování čar, obdélníků apod.
 - to by byla akcelerace **vektorové** grafiky (OpenVG)
- Využívá se pro statické **obrázky i video**
- Rutinní opakované operace
 - per-pixel = konverze barev, hloubky barev apod.
 - **BitBLT** – Bit BLock Transfer, **blitter**
 - kopírování oblastí obrazovky
 - zároveň možnost matematické kombinace s cílem: XOR, +, -, *, ...
- dithering
- změna velikosti obrázků + **interpolace**
- úpravy jasu, kontrastu, gamma korekce (nelineární korekce jasu), ...



Vektorová grafika

Vektorová grafika

- Nezávislá na rozlišení
- Obraz vytvořen z **geometrických primitiv**
 - matematicky definovaná primitiva
 - úsečka, obdélník, elipsa, Beziérova křivka, text (fonty jsou z Beziérových křivek), barevný přechod apod.
 - speciální primitivum – vložená rastrová data
- Nutná **rasterizace** obrazu
 - Při zvětšení obrázků bez degradace kvality
 - Při zmenšení → nutná filtrace (vyhlazení)
- Menší paměťové nároky
- Větší nároky na CPU (GPU)
 - rasterizace obrazu



Běžné 2D vektorové obrazové formáty

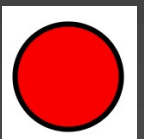
SVG



- Scalable Vector Graphics
- Konsorcium W3C
- Založeno na XML, nejen pro Web
- Hardwarová akcelerace – **OpenVG**
 - v mobilních telefonech
- Statické i dynamické obrázky
 - SMIL animace
 - JavaScript
 - reakce na události – OnMouseOver ...
- Součást **HTML5**
 - plná podpora hlavních prohlížečů

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN" "http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">

<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" width="400" height="400">
  <circle cx="100" cy="100" r="50" stroke="black" stroke-width="5" fill="red" />
</svg>
```



Windows MetaFile (WMF) Enhanced MetaFile (EMF)

- Vektorová i rastrová grafika
 - WMF 16bit
 - EMF 32bit
- Běžný, ale...
 - Nepříliš bezpečný formát
 - opakované napadání windows pomocí vkládání „nevhodných“ systémových volání
 - Nízká přenositelnost

PostScript (PS)

Encapsulated PostScript (EPS)

- Programovací jazyk pro popis stránek
 - především pro **tisk**
 - zajišťuje že bude všude vypadat stejně
 - **nepředpokládá se editace**
- **Předchůdce PDF**
- Vektorová i rastrová data, fonty
- Nízké paměťové nároky
 - přenáší se jen program, bitmapa stránky se počítá až v tiskárně
 - A4 v 600 DPI = 30 megapixelů
- Vysoká rychlost zpracování
 - ale nutnost inteligentní tiskárny s vlastním CPU



Portable Document Format – PDF

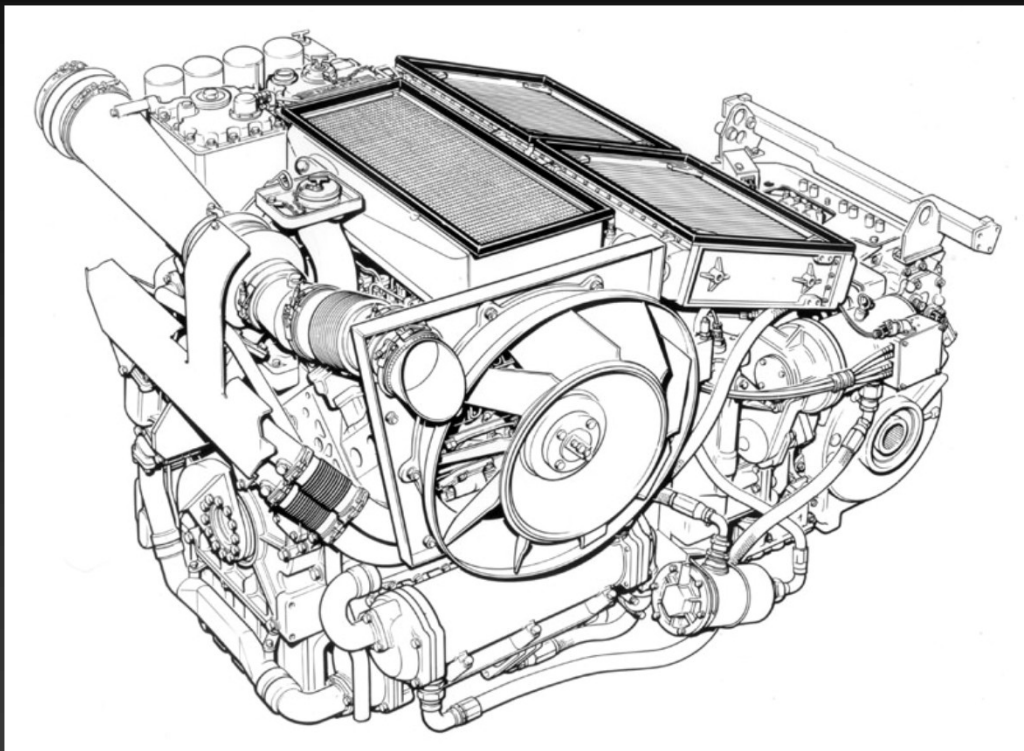
- Nástupce PostScriptu
- **ISO standard**
 - 32000-1:2008, PDF 2.0 ISO 32000-2:2020
- Formát pro popis stránky
 - zajišťuje že bude všude vypadat stejně
 - **nepředpokládá se editace**
 - obecně lze jen přidávat nové elementy do stránky
- Různé metody komprese rastrových dat
 - RLE, LZW, CCITT, JPEG ...
- Vkládání fontů, formuláře, 3D, ...
- Dynamika pomocí ECMAScript
 - Pozor na problémy s bezpečností



AutoCAD DXF

- Drawing Exchange Format
- Vnitřně textový formát (především)
 - binární verze (kratší, menší podpora)
- Kompletně zdarma dokumentován
- Jednoduchý formát
- Hojně rozšířený
- Neumožňuje všechny vlastnosti AutoCADu
 - Hlavní formát AutoCADu je DWG
 - nulová dokumentace zdarma
 - zpětné inženýrství
- Velké soubory, pomalé zpracování

Výběr vhodného formátu



Volba formátu

- V průběhu editace
 - nativní formát aplikace, neztrátový
- Finální výstup
 - pro krátkodobé vlastní využití
 - dle libosti
 - pro dlouhodobé, široké využití
 - standardní formáty s obvyklým nastavením
 - ztrátové v dostatečné kvalitě (úspora místa a kapacity sítě)

Volba formátu pro neznámé publikum

(např. na webu)

- **Jednoduchá čárová grafika**
 - SVG = vektory (je-li to možné)
 - PNG, GIF
- **Animace**
 - SVG + externí JS, GIF
- **Video**
 - kontejner: MKV nebo MP4; uvnitř MPEGx (HEVC) + AAC
- **Fotografie**, barevné naskenované obrázky
 - JPG (prokládaný), HEIF, WebP
- **3D**
 - Jednoduché: OBJ, STL
 - Složitější: X3D, Collada, glTF+WebGL (viz např. <http://p3d.in/>)
- **Kompletní dokumenty**
 - PDF, PDF/A

Avidemux

Soubor Nedávné Upravit Zobrazit



Video dekodér

XXXX XXXX

Nastavit

Video výstup

HEVC (x265) ▾

Nastavit

Filtř

Zvukový výstup (0 tracks)

Copy ▾

Nastavit

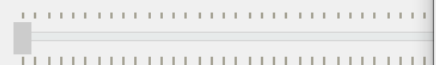
Filtř

☐ Posun: 0 ms

Výstupní formát

MKV Muxer ▾

Nastavit



Čas: 00:00:00.000 / 00:00:00.000

Nastavení x265

Nastavení:

Vlastní

Uložit jako

Odstranit

Obecné

Pokročilé RC

Pohyb

Snímek

Analýza

Kvantizér

Display

Pokročilé 1

Pokročilé 2

Základní

☐ Použít pokročilé nastavení

Preset: medium ▾

Tuning: none ▾

Profile: main ▾

IDC Level: Auto ▾

Pool Threads: Auto ▾

Frame Threads: Auto ▾

Output Bit Depth: Default ▾

Řízení datového toku

Režim kódování: Faktor konstantního toku (jeden průchod) ▾

Cílová velikost videa: 700 MB

0 (vysoká kvalita)

Kvalita:

51 (nízká kvalita)

20

☐ Use Strict Constant Bitrate Mode

OK

Zrušit

Selection: 000000