

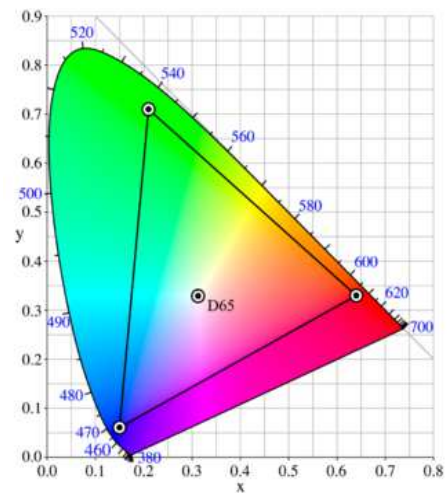
Digitální zpracování video signálu, digitální televizní vysílání

(Materiál pro potřeby výuky předmětu KMT/UE – Pavel Kratochvíl, kratinek@kmt.zcu.cz)

Při zpracování a přenosu videosignálu je třeba zpracovat 3 informace: jas, barvu, zvuk

Většina obrazovek a displejů fungují na základě skládání tří základních barev RGB (červená, zelená, modrá). Jakýkoliv barevný odstín lze složit jejich vhodným poměrem (viz barevný trojúhelník).

Barevná obrazovka je složena z jednotlivých pixelů. Každý pixel je složen ze tří RGB sub-pixelů. Poměrem jasů sub-pixelů je dán barevný odstín pixelu, součtem jejich jasů je dán výsledný jas pixelu. (U černobílé obrazovky je obraz rozložen pouze na jas jednotlivých pixelů.)



Dříve (při analogovém televizním vysílání) byl v pravidelných časových intervalech (25 snímků za sekundu) přenášen celý obraz. To korespondovalo i s tenkrát používanými CRT obrazovkami, kde musel být každý pixel pravidelně aktivován (překreslován), protože po chvilce sám zhasl.

Z důvodu úspory datového toku je v dnešní době používán systém, kdy je plnohodnotně přenesen a zobrazen první snímek. Poté jsou přenášeny a překreslovány pouze změny v obraze. Pixely dnešních obrazovek jsou totiž vybaveny pamětí, takže dokáží svítit tak dlouho, jak je potřeba.

Digitální zpracování = převedení obrazu na posloupnost 0 a 1.

Stejně jako při analogovém zpracování je obraz rozložen na jednotlivé pixely, každému pixelu je přiřazena hodnota jasů a barvy. Při digitální zpracování ale jas a barva nemohou nabývat libovolné hodnoty - máme k dispozici jen škálu diskretních hodnot, podle toho, kolik bitů je pro jas a barvu vyčleněno.

Při digitálním zpracování obrazu je navíc používána celá řada kompresních metod, aby výsledný datový tok byl co nejvíce zredukován (při zachování požadované kvality).

Používá se standard MPEG - Motion Picture Expert Group;
HDTV (DVB-T2) MPEG-4, dříve MPEG-2

Principy komprese obrazu:

- Chroma subsampling

Při přenosu (záznamu) videosignálu lze postupovat dvěma způsoby:

- Buď zaznamenávám tři barevné složky RGB jednotlivých bodů. Tím je dán barevný odstín. Ale i jas každého bodu (součtem složek RGB).

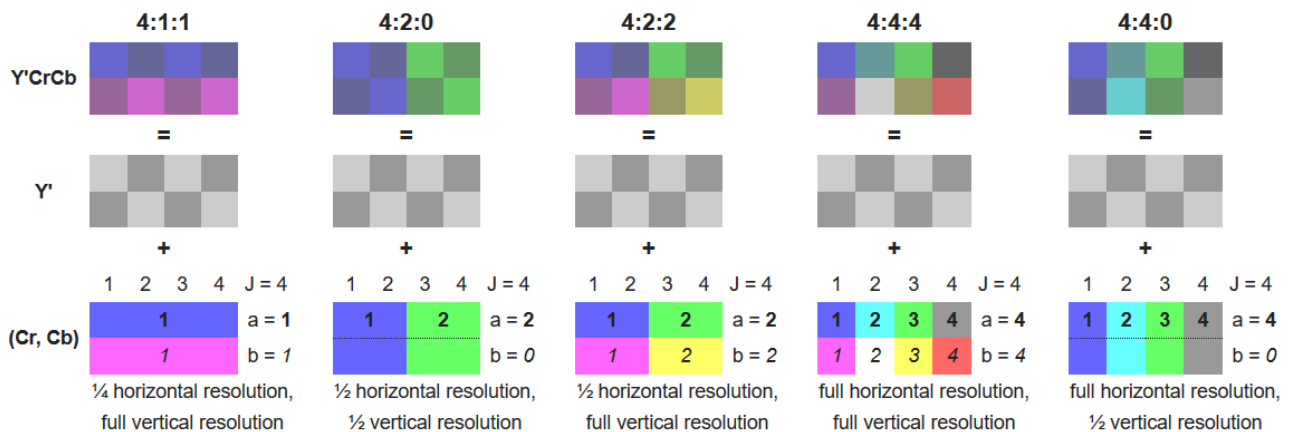
- Nebo zaznamenávám jas a dvě barevné složky. A protože jas je dán součtem všech tří barevných složek, můžu třetí barvu dopočítat.

Historicky se používala druhá varianta. Při černobílém analogovém televizním vysílání byl zaznamenáván pouze jas každého bodu. Při přechodu na barevné analogové vysílání musela být zaručena zpětná kompatibilita. Proto byla zachována informace o jas, a k tomu přidána vedlejší barevná informace.

I z dnešního pohledu je také výhodnější druhá varianta, umožňuje totiž kompresi barevného signálu (chroma subsampling). Tuto metodu využíval již i analogový standard televizního vysílání PAL.

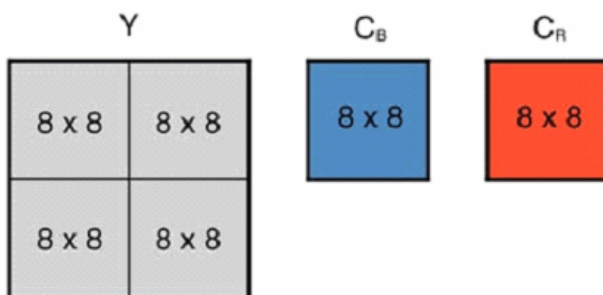
Lidské oko je více citlivé na jas než na barvu. Zatímco jas je tedy kódován pro každý pixel zvlášť, barvu stačí zaznamenávat v nižším rozlišení – společnou vždy pro několik pixelů.

Kompresních schémat je několik. Pro televizní vysílání je používáno schéma 4:2:0 – barevná informace je společná vždy pro čtyři pixely.



Pozn: Barva čtyř pixelů je tedy dána jakousi jejich průměrnou hodnotou barvy. K největšímu zkreslení tedy dochází na rozhraní dvou barevných ploch.

Při digitálním záznamu jsou jas a dvě barevné složky každá zakódována pomocí 8-bitového slova - vzorku (k dispozici 256 hladin). Přičemž jasový vzorek je vždy pro jeden pixel a barevná složka je společná pro čtyři pixely. Vzorky se seskupují do tzv. bloku po 8 vzorcích. Na obrázku je tzv. makroblok nesoucí barevnou a jasovou hodnotu 32 pixelů



- Predikce snímků

Při analogovém vysílání byla 25 krát za sekundu přenášena kompletní informace o celém obrazu a celá obrazovka byla vždy překreslena. Dříve to jinak ani fungovat nemohlo – luminofor na CRT obrazovce vydržel po zásahu elektronovým paprskem svítit pouze chvíli a musel být znovu a znovu aktivován (překreslován). Dnešní obrazovky není nutno cyklicky překreslovat - dokážou nechat svítit každý pixel delší dobu dle potřeby. A protože se obraz většinou tak rychle nemění, je možné obrazovku zcela překreslit méně často a mezi tím překreslovat jen drobné lokální změny obrazu.

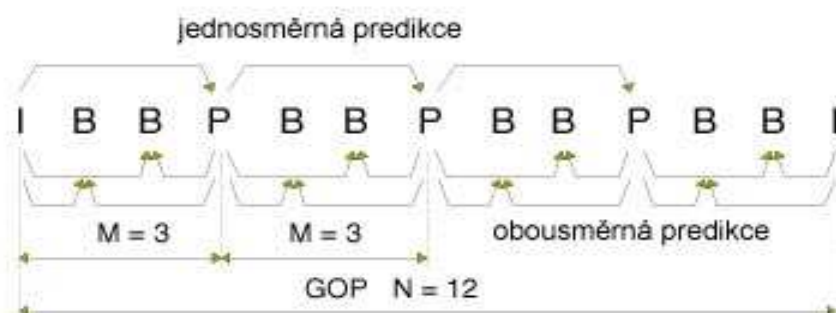
Z vysílače (nebo záznamového média) tudíž putují různé typy snímků:

Snímek typu I (Interframe) představuje plnohodnotný snímek, na jehož základě je překreslena celá obrazovka. Obsahuje veškeré informace a stává se základním pro další typy snímků.

Snímek typu P (Predicted) je kódovaný ve vztahu k předešlému snímku typu I. V praxi to znamená, že je závislý na předchozím základním snímku. Snímek typu P nese informace o změně mezi snímkem I a jím samým. Jak se vyhodnocuje změna mezi snímky? Snímek je rozdělen na jednotlivé makrobloky a ty se vezmou do porovnávače. Porovnají se v bináru a totožné makrobloky se nepřenášejí (modrá obloha, jednolitě stejnobarevné větší plochy představují typický příklad pro vynechávání). Při promítání se tato vynechaná místa nahradí makrobloky ze základního snímku I.

Snímek typu B (Bidirectionally Predicted) může být kódován ve vztahu ke snímku předchozímu, budoucímu, nebo jejich průměru (a je jedno jestli I nebo P). Nese minimum dat. Mnohdy je pouze informací, že se má obrazovka vyplnit průměrem z předchozího a následujícího snímku.

Obrázek dokresluje fakt, že místo původních 25 snímků stačí formátu MPEG-2 za sekundu tři původní úplné snímky. Pokud přijde velká změna prostředí, jakou může být např. stříh, výbuch atd., použije se samozřejmě základní plnohodnotný snímek typu I. Řetězec tedy není pevný, ale pouze ilustrativní a ideální.

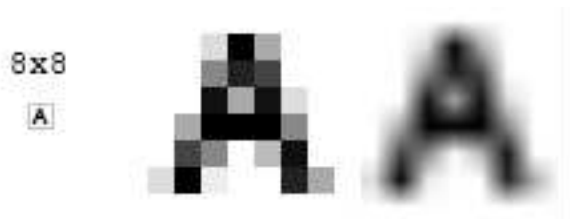


Naskytuje se ovšem otázka, jak může snímek typu B brát makrobloky z následujících snímků? Samozřejmě nejde o žádné věštění. Snímky typu B se na vysílací cestě posílají za snímky, na kterých jsou závislé, a úkolem přijímače pak je snímky opětovně správně seřadit při zobrazování. Pro lepší představu si na předchozím obrázku přehod'te snímky B a P následujícím způsobem: I P B B P B B atd. Počet snímků I v řetězci pak udává kvalitu videa.

- Diskrétní kosinová transformace (DCT)

(stejný princip jako komprimovaných obrázků JPEG)

Obrázek je rozložen na matici DCT koeficientů. Na obrázku níže je znázorněn rozklad obrázku s písmenem A (pro jednoduchost černobílý obrázek). Koeficienty udávají, jakou měrou je ve výsledném obrazu zastoupeno konkrétní rozložení černé.



5.1917	-0.3411	1.2418	0.1492	0.1583	0.2742	-0.0724	0.0561
0.2205	0.0214	0.4503	0.3947	-0.7846	-0.4891	0.1001	-0.2554
1.0423	0.2214	-1.0017	-0.2720	0.0789	-0.1952	0.2801	0.4713
-0.2340	-0.0392	-0.2617	-0.2866	0.6351	0.3501	-0.1433	0.3550
0.2750	0.0226	0.1229	0.2183	-0.2583	-0.0742	-0.2042	-0.5906
0.0653	0.0428	-0.4721	-0.2905	-0.4745	0.2875	-0.0284	-0.1611
0.3169	0.0541	-0.1033	-0.0225	-0.0056	0.1017	-0.1650	-0.1500
-0.2970	-0.0627	0.1960	0.0644	-0.1136	-0.1031	0.1887	0.1444

Výsledný obraz dostaneme sečtením všech těchto dílčích čtverečků vynásobených příslušným koeficientem. Čím větší koeficient, tím je tmavší šedivý odstín této složky. Koeficient blízký nule znamená, že se toto rozložení téměř neuplatní – přičítáme pouze bílou plochu. Záporný koeficient znamená záměnu bílé a šedé barvy příslušné složky.

Zmenšením matice DCT můžeme zredukovat výslednou datovou velikost obrázku, ale samozřejmě na úkor kvality – drobné detaily obrázku jsou zakódovány ve vyšších složkách matice. (Obrázek písmena A nahoře zachycuje nižší a vyšší kvalitu – menší a větší matici koeficientů.)

V případě, že se jedná o barevný obrázek, je nutný nejprve jeho rozklad tři obrázky RGB. Ty se pak kódují stejným postupem jako černobílý obrázek.

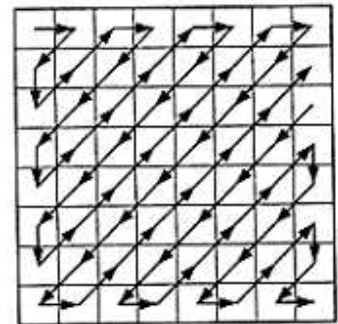
Samotná DCT nepřináší datovou úsporu (spíše naopak). Po provedení DCT je ale možné výhodně použít **Huffmanovo kódování**, které již redukci dat přináší. Seřadíme-li koeficienty úhlopříčně (podle schématu vpravo), s velkou pravděpodobností se budou jednotlivé znaky opakovat.

110	106	98	92
112	105	97	90
109	107	97	94
111	107	95	91

a) obrazové prvky

203	15	0	-1
0	0	0	1
0	0	0	0
1	-2	0	-1

b) koeficienty DCT
(po zaokrouhlení)



Huffmanovo kódování (využívá ho i formát .zip) je založeno na principu seskupování opakujících se znaků. Velmi zjednodušeně ho lze popsat jako:

AAAAAAAAAABBBBBBBBAAABBBBBBBB = 10A8B3A9B

- Kompenzace pohybu

Pokud se obraz nemění, jen posouvá (kamera takzvaně švenkuje). Uplatňuje se především pro pozadí – krajina, obloha, nehybné objekty.

Obraz lze po obrazovce pouze posouvat a na kraji doplňovat novými daty. Kodér při kompenzaci pohybu vyhledává nejpodobnější makroblok, což nemusí být vždy původní, v důsledku pohybu posunutý makroblok. (Například u oblohy nevadí záměna různých makrobloků)

Komprese zvukové stopy

Přenosová bitová rychlost nekomprimovaného zvukového signálu (vzorkování 32 kHz, 16ti bitové kvantování) činí 1,024 Mb/s. Tuto hodnotu nelze vzhledem k bitové rychlosti komprimovaného videesignálu zanedbat, a proto MPEG zavádí i kompresi zvukového signálu.

Nejčastěji používaným standardem je ACC - Advanced Audio Coding (následovníkem formátu MP3).

http://www.videoproduce.cz/tv_zaklady.htm

https://en.wikipedia.org/wiki/Chroma_subsampling

https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform

https://cs.wikipedia.org/wiki/Huffmanovo_k%C3%B3dov%C3%A1n%C3%AD