

**UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ  
ÚSTAV SYSTÉMOVÉHO INŽENÝRSTVÍ A INFORMATIKY**

**VIDEO JAKO SOUČÁST MULTIMEDIÁLNÍCH  
INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**AUTOR: Kamil Bradáč**

**VEDOUCÍ PRÁCE: Doc. Ing. Peter Fabián, CSc.**

**2010**

**UNIVERSITY OF PARDUBICE  
FACULTY OF ECONOMICS AND ADMINISTRATION  
INSTITUTE OF SYSTEM ENGINEERING AND INFORMATICS**

**VIDEO AS A PART OF MULTIMEDIA INFORMATION  
SYSTEMS**

**THESIS**

**AUTHOR: Kamil Bradáč  
SUPERVISOR: Doc. Ing. Peter Fabián, CSc.**

**2010**



Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Kamil Bradáč

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji panu Doc. Ing. Peterovi Fabiánovi CSc., vedoucímu mé diplomové práce, za vstřícnost, trpělivost a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za její celoživotní podporu a trpělivost, a také za to, že mi umožnili studovat.

## **Souhrn**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou digitálního videa. Nejprve zde jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti zpracování informace o barvách, následně pak v druhé kapitole problematika vnímání a zobrazování grafické informace v podobě rastrových a bitmapových dat. Ve třetí kapitole dojde k seznámení s pojmem digitální video a CCD čip. Čtvrtá kapitola je zaměřena na jednotlivé formáty videa, kde je vysvětlen zásadní rozdíl mezi pojmem formát, kodek a kontejner. V této části práce dojde také k seznámení s jednotlivými používanými multimedialními kontejnery. Pátá kapitola je věnována problematice komprimace videa, zde jsou uvedeny nejznámější bezztrátové a ztrátové formáty. V šesté kapitole dojde k seznámení se staršími a současnými možnostmi distribuce videa podle zvoleného nosiče informací. Sedmá kapitola je věnována vlastnímu testování současných kodeků na videu v HD rozlišení, kdy následně v osmé kapitole je provedeno celkové vyhodnocení. Poslední kapitola je věnována vytvoření jednoduché webové stránky, která bude sloužit k prezentaci a zobrazení výsledků této diplomové práce. Na závěr je provedeno zhodnocení splnění cílů této diplomové práce a nastíněn možný budoucí vývoj v oblasti digitálního videa.

## **Klíčová slova**

Video, formát, kontejner, kodek, streaming

## **Summary**

This thesis deals with digital video, when in the first time are explained basic concepts of processing information about colors, and then later in the second chapter the issue of perception and display graphical information. The third chapter will introduce the concept of digital video and CCD chip. The fourth chapter focused on the various video formats, which explains the fundamental difference between the concept of format, codec and container. This part will also be meeting with various multimedia containers. The fifth chapter is devoted to the issue of video compression, which are given the best-known lossless and lossy formats. The sixth chapter focused on older and current video distribution options. The seventh chapter is devoted to self-testing of the current codecs on a video in HD resolution. The last chapter is devoted to creating a simple website that will present the results. At the end, an assessment of the objectives of this thesis and an outline of possible future developments in digital video.

## **Key words**

Video, format, container, codec, streaming

# Obsah

Úvod .....	10
1 Zpracování informace o barvách .....	11
1.1 Barva a světlo .....	11
1.2 Základní barevné modely v oblasti videa .....	12
1.2.1 Model RGB.....	13
1.2.2 Model UWB (YUV) .....	14
2 Vnímání a zobrazování grafické informace.....	16
2.1 Rastrová zobrazení .....	17
2.2 Vektorová zobrazení.....	19
3 Problematika digitálního videa.....	20
3.1 CCD čip .....	21
3.1.1 Prokládané snímače (Interlaced) .....	21
3.1.2 Progresivní snímače (Progressive) .....	23
4 Formát videa .....	24
4.1 AVI .....	24
4.2 ASF a WMV .....	26
4.3 FLV .....	26
4.4 Real Video .....	26
4.5 MP4 a 3GP.....	27
4.6 MKV .....	27
4.7 MPEG TS .....	28
4.8 QuickTime (MOV) .....	28
5 Komprimace videa.....	29
5.1 Bezztrátové formáty .....	29
5.1.1 HuffYUV .....	30
5.1.2 Lagarith.....	30
5.1.3 RAW .....	30
5.2 Ztrátové formáty .....	31
5.2.1 M-JPEG .....	31
5.2.2 MPEG .....	31
5.2.3 DivX 3.11 ;- ) Alpha.....	35
5.2.4 DivX 4 .....	35
5.2.5 DivX 5 .....	36



5.2.6	DivX 6 a DivX 7.....	36
5.2.7	Xvid.....	37
5.2.8	H.263 a H.264.....	37
5.2.9	Microsoft Video 1.....	38
5.2.10	Indeo Video.....	38
5.2.11	Windows Media Video.....	38
6	Rozdělení videa podle způsobu doručení k uživateli.....	39
6.1	Off-line video.....	39
6.1.1	Video CD.....	39
6.1.2	XVCD.....	40
6.1.3	SVCD.....	40
6.1.4	DVD - Video.....	41
6.1.5	HD DVD.....	44
6.1.6	Video na Blu-ray disku.....	45
6.2	On-line video.....	46
6.2.1	Streaming.....	47
6.2.2	Přímý přenos.....	47
6.2.3	Video on Demand (VoD).....	47
6.2.4	Videokonference.....	48
6.2.5	Video download.....	49
7	Výběr a testování vhodného formátu videa.....	50
7.1	Osobní počítač použitý pro zpracování videosekvence.....	50
7.2	Úprava a parametry vstupního testovacího videa.....	50
7.3	Analýza na High-Definition videosekvenci.....	52
7.4	Subjektivní (vizuální) testování.....	54
7.5	Objektivní testování.....	55
8	Výsledky objektivního a subjektivního testování.....	56
8.1	Celkové vyhodnocení.....	62
9	Demonstrace výsledků.....	68
10	Závěr.....	70
	Seznam doporučené literatury.....	72
	Seznam obrázků.....	74
	Seznam grafů.....	75
	Seznam tabulek.....	75
	Seznam příloh.....	75

## Úvod

Jako téma svojí diplomové práce jsem si zvolil „Video jako součást multimediálních informačních systémů“ se zaměřením na digitální video. Jedním z hlavních důvodů pro volbu tohoto tématu byla situace, kdy v současné době v oblasti digitálního videa panuje obecně poměrně velký zmatek, a to jak v používané terminologii, tak i v obecném porozumění samotné problematice týkající se digitálního videa. Největším problémem pak zejména je rozlišení pojmů kodek, formát a kontejner, kdy ve většině případů lidé nerozlišují tyto pojmy a vše spojené s digitálním videem nazývají kodekem. Proto prvním z cílů této diplomové práce je tyto nedostatky v oblasti digitálního videa pomocí systematické analýzy odstranit. Touto problematikou se zabývám zejména v první části práce, kam by patřily kapitoly zabývající se problematikou zpracování informace o barvách, dále pak zobrazováním grafické informace až po kapitolu zabývající se nejpoužívanějšími formáty digitálního videa, včetně způsobu jejich distribuce k uživateli. Druhým cílem této práce je provést otestování v současné době vybraných, dle mého názoru nejpoužívanějších, kodeků na videosekvenci v HD rozlišení, kde provedu na základě stanovených objektivních a subjektivních testů jednotlivé vyhodnocení pro dané testování. Díky široké rozsáhlosti tohoto tématu zde nejsou detailně popisovány jednotlivé kódovací algoritmy, jelikož problematika kódovacích algoritmů by dala minimálně na jednu samostatnou práci. Z výsledků získaných v průběhu testování provedu jejich analýzu na základě vzájemného porovnání objektivních a subjektivních výsledků, kde poté vyhodnotím vítězné kodeky, se kterými bylo dosaženo na HD videu nejlepších výsledků. U těchto kodeků provedu i doporučení pro oblasti jejich uplatnění včetně jejich kladů a záporů. V závěru práce vypracuji webovou prezentaci dostupnou jak v online, tak i v offline režimu na DVD nosiči přiloženém k této diplomové práci. Čtenář si tak bude moci prohlédnout dané výsledky provedené analýzy v podobě grafů, snímků v původní velikosti a videosekvencí uložených na tomto nosiči ve formátu pro downloading a streaming ze serveru YouTube.com.

# 1 Zpracování informace o barvách

## 1.1 Barva a světlo

Světlo lze z fyzikálního hlediska chápat jako elektromagnetické vlnění v pásmu 108 MHz. Každá z barev odpovídá určité frekvenci. Rozsah člověkem vnímatelných barev je od červené až po fialovou. Nižší hodnoty odpovídají infračervenému světlu, vyšší ultrafialovému záření. V rámci celkového elektromagnetického spektra je člověk schopen vnímat pouze jeho malou část v rozmezí zhruba od 400 do 700 nm.

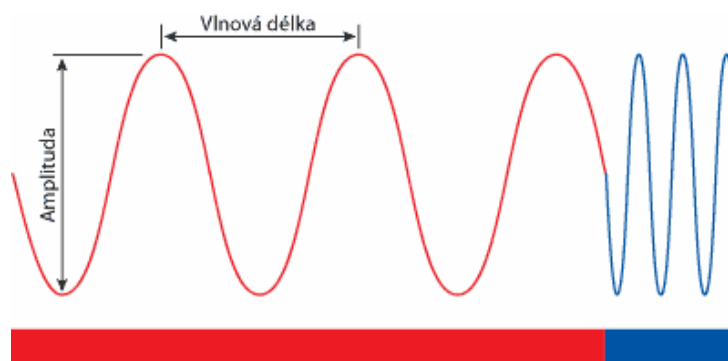
Z hlediska spektra frekvencí, které zdroj světla vysílá, můžeme světlo rozdělit na:

- achromatické (bílé světlo) – toto světlo obsahuje všechny barvy (např. Slunce)
- monochromatické – světlo jedné frekvence (např. světlo laseru)

Základními atributy světla jsou:

- barva: základní atribut, závislý na frekvenci vlnění
- jas: souvisí přímo úměrně s intenzitou světla
- sytost barvy: čím vyšší je sytost, tím je užší frekvenční spektrum obsažené ve světle, sytost odpovídá tzv. „čistotě“ světla
- světlost: velikost achromatické složky světla

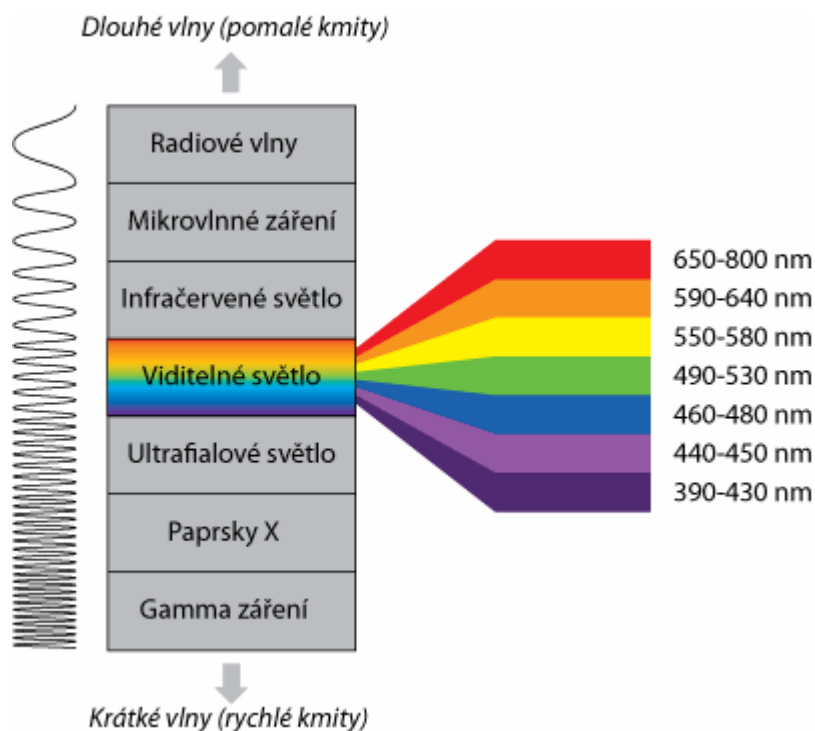
Rychlost kmitání (frekvence) světelného vlnění vnímá člověk jako barvu. Vlnění s delší vlnovou délkou vnímá člověk jako barvu červenou (Obr.1), kdežto rychlejší vlnění vnímá jako barvu modrou až fialovou. Amplituda (výška vlny) odpovídá intenzitě světla. Frekvence jisté části spektra, která je převládající, se nazývá dominantní frekvence. Tato frekvence je rozhodující pro to, co člověk vnímá jako barvu světla. Čím více tato frekvence převládá nad ostatními, tím má větší intenzitu a čím užší je toto frekvenční pásmo, tím má barva větší sytost.



Obr. 1 - Rychlost kmitání světelného vlnění. Zdroj: [1]

Různé vlnové délky světla si lidé pojmenovali jako barvu světla, kde každá jedna konkrétní vlnová délka světla je lidským okem vnímána jako jedna konkrétní barva. Barvy, které je

takto možné vytvořit, jsou tzv. spektrální barvy, jsou znázorněné na následujícím obrázku (Obr.2).



Obr. 2 -Vlnové délky světla odpovídající viditelnému světlu. Zdroj: [1]

Spektrální barvy představují barevnou stupnici od červené, což je barva světla, které do okem viditelné části vstupuje směrem od pomalých limitů, tedy dlouhé vlnové délky, přes žlutou, zelenou, modrou až po fialovou, kde spektrum vystupuje z viditelného rozsahu. [1]

## 1.2 Základní barevné modely v oblasti videa

Zobrazování barev patří mezi základní problematiku zobrazení grafické informace a s ní souvisejícím zobrazením videa. Hlavní otázkou vytváření a uchování barevné informace je problematika skládání barev, kde je potřeba najít takové modely, které umožní vytvoření všech požadovaných odstínů pomocí co nejmenší množiny barev.

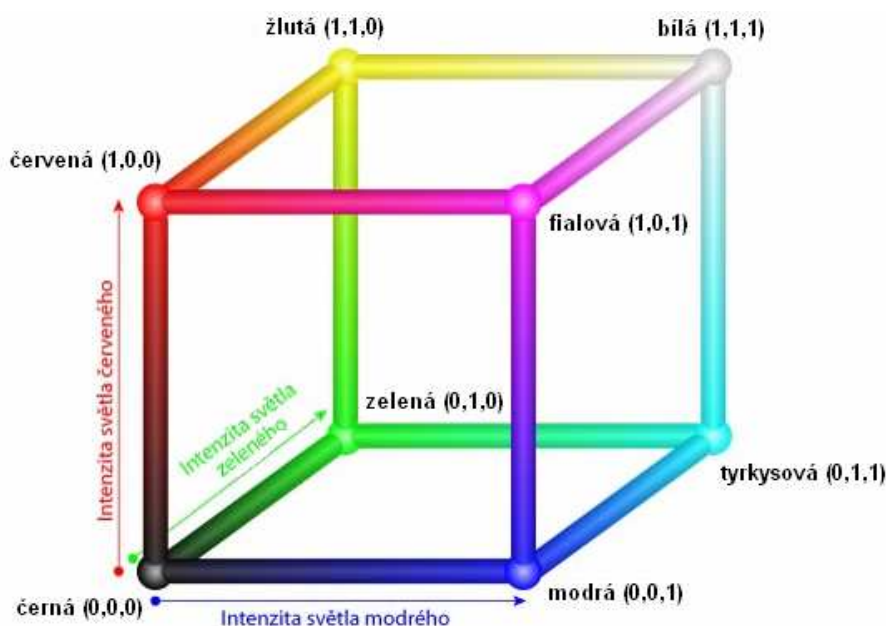
- Rozlišujeme 2 základní principy směšování barev:
- aditivní – každým přidáním složky barvy vzniká světlejší odstín, smíšením všech složek vznikne bílá barva (představitelem aditivního směšování barev je model RGB). Aditivní barevné prostředí nepotřebuje vnější zdroj světla zdrojem světla je zde například vlastní zařízení jako je televizní obrazovka popřípadě monitor počítače
- subtraktivní – každým přidáním složky barvy vzniká tmavší odstín barvy, smíšením všech složek vznikne černá

Na základě použitých barev, fyzikálních charakteristik a metody směšování barev hovoříme o jistém typu barevného modelu. Mezi nejčastěji používané patří RGB (Red, Green, Blue)

model, kdy v tomto modelu pracují například monitory, projektory, digitální fotoaparáty a většina fotografií je v tomto modelu také uložena. Dalšími používanými modely jsou HSB (Hue, Saturation, Brightness), HLS (Hue, Lightness, Saturation) a UWB model, které definují barvy přirozeným způsobem a jsou proto blíže lidskému vnímání. UWB model se využívá zejména při přenosu barevného videesignálu. [1]

### 1.2.1 Model RGB

Tento model je založen na aditivním směšování barev. Základními složkami tohoto modelu jsou červená (R-red), zelená (G-green) a modrá (B-blue). Kombinací těchto tří barev lze získat téměř všechny barvy barevného spektra. Lidské oko je na tyto tři barvy nejcitlivější. O RGB modelu hovoříme jako o součtovém, který lze vyjádřit pomocí jednotkové krychle. V počátku (0,0,0) leží černá barva a v protilehlém vrcholu (1,1,1) leží barva bílá. Jednotlivé barevné odstíny vznikají skládáním základních barev, jejichž intenzita se pohybuje v intervalu  $<0,1>$ . Pokud všechny tři složky nabudou maximálních hodnot, tak poté získáme barvu bílou. Na obrázku (Obr.3) je znázorněna jednotková krychle RGB modelu.



Obr. 3 - RGB model. Zdroj: [1]

Nejběžněji používaný barevný formát RGB nese označení sRGB24, který udává 8 bitů pro každou barvu, dohromady tedy 24 bitů. Označení s oproti klasickému RGB, značí variantu RGB, kde je kromě základních barev RGB, definován také bílý bod a gamma. Tento RGB model se zejména používá na internetu neboť nejlépe odpovídá reálným možnostem zobrazení většiny monitorů. Na následujícím obrázku (Obr.4) je znázorněn RGB obraz a jeho tři RGB složky.



**Obr. 4 - RGB obrázek a jeho složky. Zdroj: [1]**

Z obrázku (Obr.4) je patrné, že červený květ vlčích máků obsahuje pouze červenou složku, oproti tomu louka je složena z trochy červené a zelené složky. Jak u květů, tak i u louky chybí téměř modrá složka. Naopak na obloze jsou zastoupeny všechny tři složky RGB modelu.

### 1.2.2 Model UWB (YUV)

- Ještě blíže k fyziologii lidského vnímání barev oproti výše uvedeným modelům je model UWB. Z hlediska vnímání barev lidským okem, které je schopno rozeznat přibližně 400 000 barevných odstínů a 60 úrovní šedé, je tato vnímavost závislá na světelných podmínkách, vzdálenosti objektu od oka, rozměru objektu a v neposlední řadě také na věku, únavě atd. Sítnice, na kterou je obraz promítán, obsahuje dva druhy receptorů [1,2]:
- tyčinky (cca 140 milionů) pokrývající celou sítnici kromě žluté skvrny, umožňující vnímání světla
- čípky (6-7milionů) umístěné ve středu sítnice umožňují vnímání barev, dělí se podle citlivosti do skupiny vnímání barevného rozdílu spektra červená-zelená a modrá-žlutá
- Kromě fyziologické blízkosti k vnímání barev lidským okem je tento model blízký také ke způsobu přenosu videosignálu v systémech barevných televizí, který rozděluje barevný signál na tři složky - jasovou v intervalu  $\langle 0;1 \rangle$ , nemající vliv na barevný odstín obrazu a dvě složky barvonosné (oblast červeno-zelená a modro-žlutá) z intervalu  $\langle -0,5;0,5 \rangle$ . Z důvodu větší citlivosti lidského oka na změnu jasové složky oproti změně barvy nevadí, že obraz obsahuje dvakrát méně informací o barvě. Z tohoto také vychází základní formáty videa v PC. Před převodem do číslicové formy

se nejprve oddělí jasová složka (Y) od barevné a barevná se rozdělí na dvě složky U a V, které se vzorkují oproti jasové složce poloviční frekvencí. Z hlediska signálů bývá tento model označován jako model YUV, kdy rozlišujeme dva formáty UWB [3]:

- Packed, mající všechny složky UWB uloženy do tzv. makropixelů (shluk několika pixelů).
- Planar, který má všechny složky UWB uloženy zvlášť, a které vytváří tři virtuální plochy, které jsou ve výsledku složeny dohromady.

Označení těchto dvou formátů je v podobě YUV x:y:z, kde x:y:z značí tříčíselné označení, udávající poměr mezi počtem barevné složky vůči jasové a někdy i počet bytů na makropixel. Typickým nejrozšířenějším formátem v oblasti videa je formát v podobě YUV 4:2:2. V tomto případě je poměr barevné složky vůči jasové 4:2, kde barevná složka obsahuje polovinu bodů vůči jasové - na dva jasové body odpovídá pouze jeden barevný.

Z hlediska složitosti tohoto formátu, zejména při editaci se v oblasti problematiky kolem zpracování videa převádí tento model do formátu RGB, kde se přepočítá jasová a barevné složky na červenou R, zelenou G a modrou B. Převod mezi YUV a RGB formáty lze provést pomocí následujících vzorců. [4,5]

#### **RGB na YUV** (1.1)

$$Y = (0.257 * R) + (0.504 * G) + (0.098 * B) + 16$$

$$U = -(0.148 * R) - (0.291 * G) + (0.439 * B) + 128$$

$$V = (0.439 * R) - (0.368 * G) - (0.071 * B) + 128$$

#### **YUV na RGB** (1.2)

$$R = 1.164 * (Y - 16) + 1.596 * (V - 128)$$

$$G = 1.164 * (Y - 16) - 0.391 * (U - 128) - 0.813 * (V - 128)$$

$$B = 1.164 * (Y - 16) + 2.018 * (U - 128)$$

## 2 Vnímání a zobrazování grafické informace

Schopnost člověka vnímat grafickou informaci je umožněna pomocí nejdůležitějšího lidského smyslu a tím je zrak, který umožňuje člověku vnímat světlo, různé barvy, tvary atd. Lidský zrak je především zaměřen na vnímání kontrastu, proto je možné vidět kontury předmětů, jejich vzdálenost, ale také se významně podílí na orientaci člověka v prostoru. Pomocí tohoto smyslu člověk vnímá přibližně 80% všech informací. Lidské oko je obecně nejdůležitějším orgánem smyslového vnímání. Všechny části lidského oka, přes které prochází světelný paprsek, jsou průhledné z důvodu, aby co nejvíce zabraňovaly rozptylu dopadajícího světla. Světlo, které vstoupí přes rohovku do oblasti vyplněné komorovou vodou, dopadá na čočku skrz zornici, která se pomocí svalů (duhovky) zužuje a roztahuje, čímž je regulováno množství procházejícího světla. Svaly je také regulována čočka, která zaostřuje paprsky, aby se sbíhaly přesně na sítnici, kde vytvářejí převrácený obraz, který mozek přetáčí. Celá zbývající oblast oka je vyplněna sklivcem, který udržuje v oku stálý tlak a tím i jeho tvar. Z fyzikálního hlediska se jedná o primitivní optickou soustavu, která je tvořena čočkou s proměnnou ohniskovou vzdáleností a sítnicí, kde s pomocí čípků a tyčinek fotochemickou cestou převádí obraz do podoby nervových impulzů, které jsou zrakovým nervem (nervus opticus) přenášeny do mozku. Ve skutečnosti lidské oko nedodává do mozku jednoznačný obraz vnějšího světa, neboť každé oko vysílá do mozku nepatrně rozdílné informace z důvodu, že každé oko vnímá objekty z nepatrně jiného úhlu. Schopnost mozku skládat obrazy dohromady přináší na jednu stranu kompenzaci nedokonalosti optické soustavy lidského oka, na druhou stranu může dojít k nepřesné interpretaci viděného obrazu, jako je tomu na obrázku níže (Obr.5). [6]



**Obr. 5 – Nemožný obrazec. Zdroj: [6]**

Na Obr.5, je zobrazen tzv. optický klam, na kterém je možné demonstrovat nevýhodu skládání obrazů mozkiem člověka. Pokud u obrazového klamu zakryjeme pravou část obrázku, vidíme tři hroty. Pokud však zakryjeme levou část, zjistíme, že obraz má hroty jen dva. Krátkodobý zrakový vjem při běžném osvětlení objektu se u člověka uchová po dobu přibližně 0,1 s. Tato doba umožňuje člověku vnímat rychle se střídající obrazy jako plynulý děj. U videa vzniká vjem spojitého pohybu při frekvenci 15 snímků za vteřinu (fps) a při



30 fps a vyšších, se hovoří o tzv. plně pohybovém videu. Podrobněji bude tato problematika videa popsána v kapitole 4. Grafickou informaci v digitální podobě je možné reprezentovat dvojím základním způsobem, a to pomocí rastrových nebo pomocí vektorových dat.

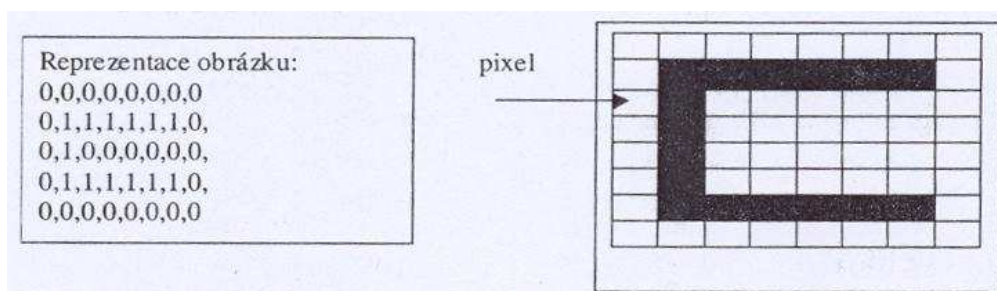
## 2.1 Rastrová zobrazení

Rastrová (bitmapová) data se uchovávají v digitální podobě jako bitové mapy, které zobrazují grafickou informaci jako dvourozměrné pole vzorků, kde každý vzorek představuje jeden obrazový bod neboli pixel (picture element). Tyto body jsou umístěny v pevné mřížce, která se nazývá rastr. U každého bodu je bitově zaznamenána barva a tento bod je zanesen do mřížky pomocí souřadnic. Počet bodů, který je umístěn v mřížce, udává rozměry celého obrázku a tím také i jeho rozlišení. Rozlišení se udává v jednotkách DPI (Dots Per Inch) a udává, kolik bodů se vejde na délku jednoho palce (1" = 2,54 cm). Každý obrazový bod obsahuje informaci o své barvě a počtu bitů potřebných pro uložení informace o barvě (barevná hloubka). Čím více bitů je pro tuto informaci vyčleněno, tím více barev je možné pokrýt a tím také narůstá objem dat. [2,3,7]

Podle barevné hloubky můžeme rozdělit obrázky do několika tříd:

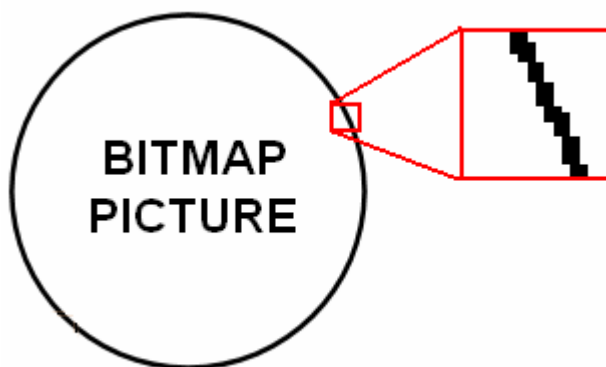
- 1 bit / pixel - binární obrázky – např. černobílé fotografie a fax
- 4 bity / pixel – barevné obrázky s nízkým rozlišením
- 8 bity / pixel - černobílé obrázky s odstíny šedi
- 16, 24, 32 bitů / pixel – plně barevné obrázky

Zvyšování barevné hloubky se zvyšuje počet možných úrovní jasu (odstínů barev), které obraz může obsahovat. Na Obr. 6 je možné vidět bitmapovou reprezentaci černobílého obrázku, který má možné dvě barvy, které se dají vyjádřit jednobitovou informací. Barva jednotlivých obrazových bodů demonstruje hodnoty 0 pro bílou barvu a 1 pro černou barvu. Je-li například černobílý obraz složen z 800 \* 600 obrazových bodů, dostáváme po vynásobení celkový výsledek 480 000 obrazových bodů, kde každý obrazový bod je vyjádřen 1 bitem, dostáváme po vydělení výsledku 8 bajty 60000 bajtů, které odpovídají 58,6 KB.



Obr. 6 – Bitmapová reprezentace černobílého obrázku. Zdroj: [2]

Pojem rastrové grafiky vznikl v souvislosti se zařízeními, která vytvářejí bitmapový popis grafické informace pomocí rozkladu obrazu na jednotlivé obrazové prvky. Typickým takto pracujícím způsobem mohou být například zařízení, se kterými se setkáváme při každodenním životě, například skenery, digitální videokamery a další digitalizační zařízení. Výhoda rastrové grafiky spočívá především ve snadnosti pořízení obrázku například pomocí fotografie či skeneru. K nevýhodám patří omezená možnost zvětšování obrázku, kdy při velkém zvětšení dochází k situaci, že je patrný podkladový rastr a výsledná kvalita obrázku je z hlediska zvětšení v určitých použitelných mezích a po překročení této meze se obrázek stává nepoužitelným. Tento případ je znázorněn na následujícím obrázku (Obr.7), kde je možné vidět na detailu, jak se při zvětšení bitmapového obrázku zvětšují obrazové body a ztrácí se ostrost.

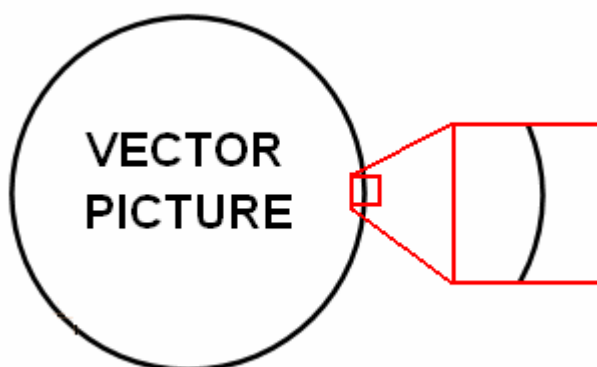


**Obr. 7- Zvětšený detail bitmapového obrazce. Zdroj: vlastní**

Projevování jednotlivých bodů vnímá lidské oko přibližně do 1000 bodů na palec (DPI). Při hustotě zobrazení nad 1000 bodů na palec přestává lidské oko rozlišovat jednotlivé body a vnímá pouze plochu. Např. pro černobílý obrázek velikosti A4 při hustotě 300 dpi potřebujeme asi 736 tisíc bodů, což je v režimu 1 bod = 1 bit asi 92 KB paměti. S počtem barev pak paměťová náročnost rychle roste. Dalším omezením jsou velké nároky na zdroje jelikož se musejí ukládat informace o každém obrazovém bodu, který je v daném obrázku obsažen, tj. kde se nachází a jakou má barvu. Z tohoto důvodu je mnohdy výsledný soubor velký (až stovky megabajtů) a ke zpracování takto velkého souboru je potřeba velkých datových úložišť a velmi výkonných počítačů. Tuto nevýhodu lze do jisté míry kompenzovat za použití některého ze způsobů obrazové komprese, o které bude napsáno více v následujících kapitolách. Mezi nejpoužívanější formáty bitmapových souborů, které nepoužívají kompresi jsou TIFF a BMP a ze souborů, kde je prováděna komprese to jsou formáty JPG a GIF.

## 2.2 Vektorová zobrazení

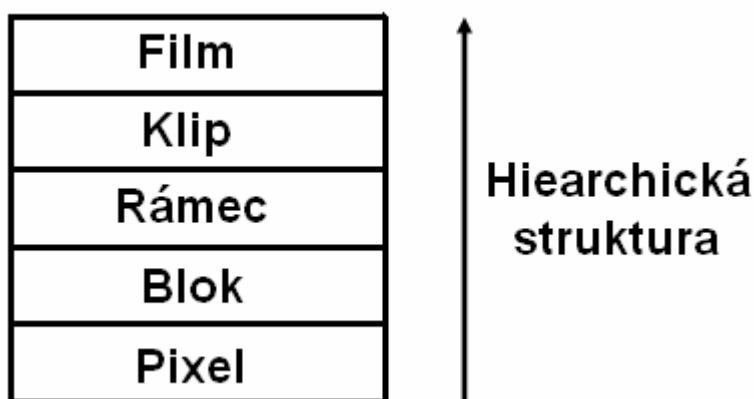
Oproti rastrovému zobrazení grafické informace vektorová grafika pracuje s matematickými popisy prvků předlohy, kdy vektorem je v tomto pojetí myšlena čára nebo její segment, případně složitější dvourozměrný geometrický útvar, kde je vektor definován soustavou koncových bodů s případnou doplňující informací. Výsledný obrázek je tvořen kombinací těchto prvků. Největší výhodou vektorové grafiky je její ostrost nezávislá na velikosti, všestranná použitelnost, menší paměťová náročnost a možnost převedení vektorové grafiky do jakéhokoli rastrového formátu. Tento případ je znázorněn na následujícím obrázku (Obr.8). K nevýhodám patří potíže při zobrazení fotorealistických scén, kde velké množství prvků stírá efektivitu reprezentace informací a ve většině případů je nutná transformace vektorové informace na rastrovou z důvodu zobrazování na zařízeních, která jsou převážně svou technologií rastrová. V současné době však prostředky výpočetní techniky činí tento nedostatek zanedbatelným.



Obr. 8 - Zvětšený detail vektorového obrazce. Zdroj: vlastní

### 3 Problematika digitálního videa

- V užším slova smyslu pojem video označuje sled rámců (obrázků), který může být kombinován se zvukem, kde každý rámeček může být reprezentován jedním ze způsobů uvedených v předcházejících kapitolách. Všeobecně se pojmem video označuje technologie pro zaznamenávání, přehrávání, přenos a obnovu pohyblivých obrázků používající elektronické signály (analogový záznam) nebo digitální média (digitální záznam). Při frekvenci 15 snímků za sekundu (fps) vnímá lidské oko promítaný obraz jako spojitý pohyb. Pro vjem plně pohybového videa se požaduje frekvence minimálně 30 fps. Současné technologie umožňují až 60 fps (Showsan, HD ready). V případě reprezentace videa v číslicové podobě, můžeme video rozdělit na časovou posloupnost jednotlivých videosekvencí, jak je znázorněno na obrázku (Obr.9).



Obr. 9 - Jednotky informace videa. Zdroj: vlastní

- Z předcházejícího obrázku (Obr.9) je patrné, že plně pohyblivé video (film), může být složeno z několika úseků (klipů), které jsou charakterizovány společným původem (např. jedním záběrem kamery). Klip je složen z několika rámců, kde každý rámeček může být dále dělen na bloky, skládající se z jednotlivých pixelů. Pro zpracování, uchování a kompresi videa se používají velikosti bloků 8x8 pixelů popřípadě 16x16 pixelů. Lidské vnímání okolního světa se odehrává díky jeho smyslům v analogové podobě, kdy pomocí těchto smyslů přijímáme trvalý tok nekonečně proměnných dat v podobě světla (zraku), vůně (čich), zvuku (sluch) a hmatu. Tyto informace jsou následně přenášeny centrální nervovou soustavou do mozku, který je následně zpracovává. Nositelem těchto informací jsou fyzikální veličiny, které nazýváme signály. Na rozdíl od člověka, počítače nejsou schopny s daty v podobě, v jaké je vnímá člověk, pracovat. Proto je nutné, aby se tato nekonečně proměnná data převedla do podoby, ve které počítače pracují, a tou je

dvojková soustava. Tento proces nazýváme digitalizací, kdy základem pro digitalizaci jakéhokoliv obrazu je převod světla na elektrické veličiny. V historii se vědci s touto problematikou potýkali zpočátku zejména při snahách o přenos fotografií po telegrafních, později po telefonních linkách a následně při vývoji televize. Součástí, která vyřešila v technice převod světla na elektrické impulsy se jmenuje CCD čip. Tento prvek měl pro rozvoj digitalizace rozhodující význam.

### **3.1 CCD čip**

Zkratka CCD v sobě skrývá slovní spojení Charge Coupled Device. Jedná se o fotocitlivé obvody převádějící dopadající světlo na elektrický náboj, který je následně měřen a převáděn do digitální podoby. Každý z těchto snímačů je složen z velkého množství miniaturních buněk zaznamenávajících světlo samostatně. V současné době se vyrábějí CCD čipy o ploše několika čtverečních milimetrů, kde na této ploše je umístěno až několik milionů prvků. Čím větší je intenzita dopadajícího světla, tím větší je elektrický náboj, který se následně ze snímače předává na analogově-digitální převodník, který má za úkol převod analogových elektrických veličin na numerické hodnoty. Tento převodník se kromě obrazu používá i na ostatní analogové veličiny, jako je například zvuk. V praxi rozeznáváme na základě způsobu zpracování elektrického náboje dva základní CCD snímače, a to prokládané a progresivní. [8, 9]

#### **3.1.1 Prokládané snímače (Interlaced)**

Byly původně vyvinuty pro televizní a video techniku, dnes se však používají i u digitálních fotoaparátů. Konstrukce těchto snímačů je přizpůsobena podle zpracování televizního obrazu, tedy řádkově, kdy je obraz rozložen na řádky. Odděleně se přenášejí sudé a liché řádky. U videokamer je expozice sudých a lichých řádků prováděna separátně, stejně, jako zpracování, kdežto u digitálních fotoaparátů je potřeba rozložený obraz zpětně složit. K tomu slouží dva základní způsoby. Jedním z nich je práce pouze s lichými řádky, druhým je způsob elektronického složení obrazu. V tomto případě je nutné zajistit neměnnost obrazu po dobu zpracování. Neměnnost obrazu se v praxi realizuje pomocí mechanické uzávěrky. Použití prokládání obrazu má několik významů. První význam, zejména používaný dříve, měl za pomoci prokládání zamezit blikání starých televizorů. Druhý význam, používaný dodnes, je vytváření iluze 50 fps z 25 fps, kdy dochází každou padesátinu vteřiny k střídání lichých a sudých řádků. V případě, že jsou liché a sudé snímky zaznamenány v jiný čas, vzniká tím opticky 50fps. Mluvíme tzv. o pulsímkách. Použití prokládání se využívá zejména při

televizních sportovních přenosech. K nevýhodám tohoto způsobu zobrazování patří fakt, že zobrazovat prokládaný obraz umí pouze klasické televize, oproti tomu například projektory, počítačové monitory, LCD a plasmové televize zobrazují vždy celý obraz (neprokládaně) najednou. [8,9] Z důvodu, že jednotlivé půlsnímků, ze kterých je obraz složen, nejsou pořízeny v jednom čase, liší se na těchto jednotlivých půlsnímcích také poloha zobrazovaných objektů. Tento nedostatek je možné vidět na následujícím obrázku (Obr.10).



**Obr. 10 - Prokládané zobrazení. Zdroj: [9]**

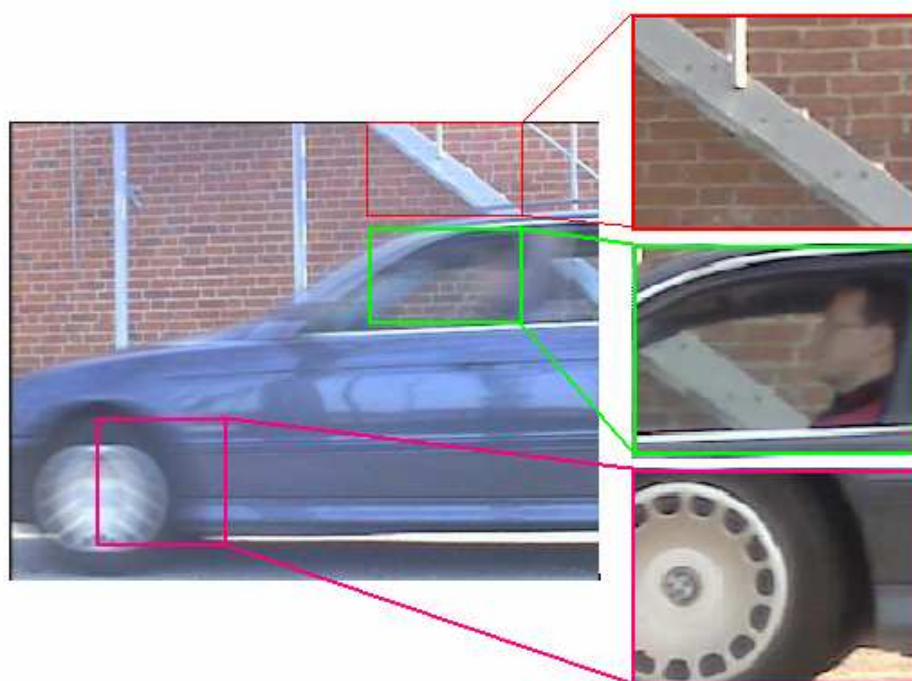
Z obrázku (Obr.10) je patrné, že detail automobilu označený zeleně (hlava řidiče) a detail označený růžově (kolo automobilu) se jeví dvojitě, jejich hrany jsou rozčepené. Naopak detail, označený červenou barvou (pozadí automobilu), který se tak rychle nemění, je oproti předcházejícím detailům poměrně ostrý. V případě odstranění prokládání (deinterlace) jsou dva základní způsoby, jak to učinit. Prvním z nich je odstranění prokládání ze zdrojového videa při zpracování před kompresí pomocí deinterlace filtrů. Tyto filtry jsou založeny převážně na třech postupech [10]:

- Weave, kdy se složením dvou půlsnímků složí jeden snímek. Tého metody je využíváno ve většině digitalizačních zařízení, jako například DV kamer a DVD rekordérů.
- Bob, kdy se každý sudý (lichý) půlsnímek zahodí a obraz se interpoluje na původní výšku ze zbylého půlsnímků. Výsledkem je poloviční vertikální rozlišení.
- Blend, kdy dojde k prolnutí obou půlsnímků do sebe a zároveň jejich promíchání.

### 3.1.2 Progresivní snímače (Progressive)

Tyto snímače oproti prokládaným snímačům zpracovávají celý obraz najednou, což je technologicky složitější avšak přináší to velké výhody, jako je například absence efektu "blikání" obrazovky. Tyto snímače zpracovávají dopadající světlo ve všech buňkách současně. Výsledkem je vyšší ostrost, přesnost podání obrazu a samozřejmě možnost použití elektronické závěrky s velmi krátkými časy. Progresivní snímače jsou v současné době zatím nejlepším řešením pro digitální fotografii.

Na obrázku níže (Obr.11) je možné porovnat detaily progresivního skenování oproti prokládanému. [9,10]



**Obr. 11 - Progresivní zobrazení. Zdroj: [9]**

Z obrázku (Obr.11) jsou patrné výrazně ostřejší detaily, jak u pomaleji, tak i rychleji se pohybujících objektů oproti progresivnímu zobrazení detailů na předchozím obrázku (Obr.10).

Kromě prokládaných a progresivních snímačů rozlišujeme také snímače na základě typu použitých buněk ve snímači. Do této skupiny patří snímače:

- obdélníkové, které jsou použity ve snímačích videokamer
- čtvercové, které jsou použity v běžných typech digitálních fotoaparátů
- plástvové, jejichž využití je zejména ve speciálních zařízeních a digitálních fotoaparátech.



## 4 Formát videa

Každý video soubor můžeme definovat minimálně dvěma formáty, a to pomocí multimediálního kontejneru a použitou komprimací obrazu a zvuku. Formátem (standardem) videa rozumíme technický popis způsobu, jakým je daný video soubor uložen (kódován) a jakým je komprimován v kontejneru. Pojmem kontejner (container) označujeme „obálku“, která spojuje do jednoho souboru obraz a zvukové stopy. Mimo jiné může kontejner také obsahovat titulky, menu a informace o daném souboru (tagy). Do jednoho takového souboru je například možné uložit jednu video stopu, více jazykových zvukových stop a případně i titulky k danému jazyku. Uživateli je tím při přehrávání naskytnuta možnost vybrat si kombinaci multimediálních dat, které chce přehrát. Jednotlivé multimediální kontejnery se od sebe vzájemně liší svojí schopností pojmout různá multimediální data a ve „většině“ případů se dají uživatelem od sebe rozeznat podle použité přípony, kterou bývá nejčastěji přípona typu AVI, MP4, MOV, MKV, eventuelně WMV. Samotný kontejner však nic nevypovídá o komprimaci dat, která jsou v něm uložena. Komprimace uložených dat je specifikována použitým kodekem. Pojem kodek (codec) vznikl složeninou slov kodér a dekodér, což představuje softwarové, někdy také hardwarové zařízení, které je na jedné straně schopné data zakódovat a na druhé straně tyto data opět dekodovat. Kodekem se také označuje algoritmus, kterého je využito ke zmenšení jinak zbytečně velkého objemu video a audio dat.

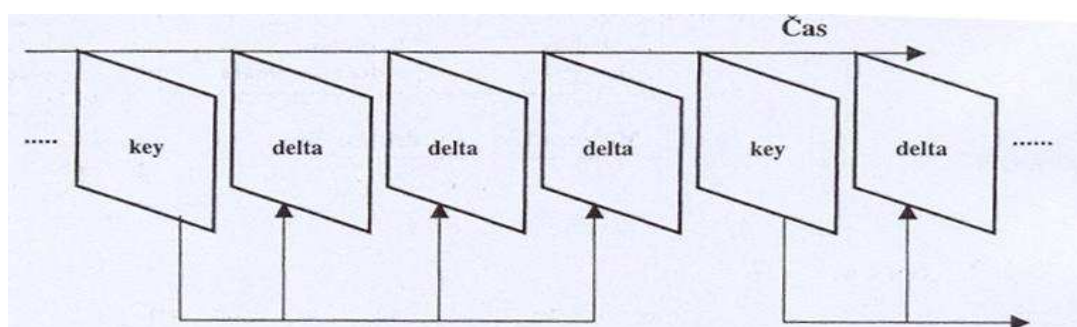
Problematicke kodeků bude věnována následující pátá kapitola (Komprimace videa). Mezi neznámější a nepoužívanější kontejnery videa, které budou popsány níže, můžeme zařadit AVI, MPEG, Quicktime, ASF, WMV, Real Video, Matroska, MP4 a 3GP.

### 4.1 AVI

AVI (Audio Video Interleave), představuje jeden z nejstarších, nejrozšířenějších a nepoužívanějších formátů multimediálního kontejneru, patřících do skupiny RIFF (Resource Interchange File Format), kterou zavedla společnost Microsoft. Jedná se o formát videa určený pro uchovávání obrazu společně se zvukem. První použití tohoto formátu bylo v operačním systému Windows 3.11 v roce 1992. Původně byla data AVI formátu bez komprimace s rozlišením 160x120 pixelů při 15 fps. S postupem času se tento formát doplňoval o vyšší rozlišení a možnost komprimace. První verze tohoto formátu měla označení AVI 1.0 a byla limitována velikostí výsledného záznamu 1GB. Následovala verze AVI 1.1, která umožňovala záznam a indexování do velikosti 2GB. Dalším nástupcem byla verze AVI 2.0, jež byla velikostně limitována souborovým systémem FAT32, který umožňoval maximální velikost souboru 4GB. S příchodem souborového systému NTFS je maximální



velikost AVI souboru limitována pouze velikostí svého úložiště. I přes možnost neomezené velikosti výsledného AVI souboru a dřívějších možností kapacity pevných disků nebyla práce s bezkompresním AVI souborem reálná, proto bylo do AVI standardu přidáno několik komprimačních schémat, kterých se využívá dodnes. Nejpoužívanější komprimační schéma pro tento formát je založené na ukládání snímků do tzv. key frames (klíčové snímky) a delta-frames (neklíčové snímky). Hlavní nevýhodou tohoto formátu je jeho vnitřní indexace jednotlivých snímků podle pořadového čísla nikoliv podle času, kdy v případě neúplného souboru se nedá tento soubor standardně přehrát, což je zejména pro oblast použití v prostředí streamingu na internetu nevhodné. [2,7]



Obr. 12 - Zobrazení klíčových a delta snímků [2]

**Klíčové snímky** (Key frame) jsou celé videosnímky, které nejsou definovány pomocí předchozích snímků a jsou v pravidelných intervalech vkládány do videozáznamu. Například u videozáznamu, zachytávajícím pohybující se objekt, budou klíčové snímky obsahovat celý obraz pohybujícího se objektu a snímky, které leží mezi těmito klíčovými snímky budou obsahovat informace popisující pohyb v daném prostoru. U videozáznamu, který obsahuje velké množství proměnlivých scén a scén s rychlým pohybem, je vhodné nastavit interval klíčových snímků na vyšší hodnotu, čímž se sníží výsledná velikost videozáznamu z důvodu, že daný videozáznam nebude obsahovat zbytečná data s popisem oblastí, které zůstávají mezi jednotlivými snímky nezměněné. Schéma tohoto typu prokládání snímků (Obr.12) využívají například kompresní schémata Indeo Interactive od společnosti Intel a Cinepak od společnosti Radius. Formát AVI si díky své kompatibilitě se softwarem pro editaci a přehrávání videa a stále podpoře společností Microsoft zachovává svoji popularitu i v současné době, kdy existuje celá řada modernějších formátů videa, jako například QuickTime popřípadě Matroska apod. [2,12]

## 4.2 ASF a WMV

- ASF (Advanced Systems Format) formát je produktem společnosti Microsoft. Jeho hlavním cílem bylo konkurovat a vyplnit oblast použití, která nebyla doposud formátem AVI pokryta. Tím byla oblast streamování videa po internetu, kde do této doby byly využívány zejména formáty MOV (QuickTime) a RM (Real Video). ASF umožňuje použití WMV (Windows Media Video), WMA (Windows Media Audio) kodeků a společností Microsoft modifikovaného standardu MPEG-4. Nevýhodou tohoto formátu je především jeho uzavřenost, kdy Microsoft nutí při práci s ASF souborem používat své systémové rozhraní DirectShow. WMV (Windows Media Video) formát je nástupcem ASF pro streaming. WMV formát typicky popisuje ASF soubory, které využívají Windows Media Video (WMV) kodek, který patří mezi jeden z nejpoužívanějších kodeků pro distribuci videa na internetu a pro distribuci videa ve vysokém rozlišení (WMV HD) na DVD a Blu-ray nosičích. [12]

## 4.3 FLV

FLV (Flash Video) jedná se o otevřený multimediální kontejner, který je primárně určen k přehrávání videa v prostředí internetu. Jedná se o alternativní řešení k Real Video a WMV formátu. Tento formát videa je podporovaný celou řadou operačních systémů a je možné přehrávat pomocí specializovaných přehrávačů (Flash Player) založených na platformě Adobe Flash a pomocí celé řady volně dostupných pluginů je možné také tento formát přehrát pomocí webového prohlížeče. I když se jedná o otevřený typ multimediálního kontejneru využívá FLV formát patentované kodeky. Jedná se zejména o Sorenson Spark video kodek, vhodný zejména pro starší verze Flash Playerů a novější On2 VP6 kodek, který vyniká svým poměrem kvalita/výkon. Mezi nejznámější servery podporující tento typ kontejneru patří: Google Video, Metacafe, Reuters a YouTube server.

## 4.4 Real Video

Real Video je video formát vyvinutý společností Real Networks, převážně za účelem komprimace streamovaného videa. Jedná se o multiplatformní formát, jehož podporu lze nalézt jak u operačního systému Windows, tak u Mac OS(X). Tento formát podporuje Real Video, Real Audio a například také H.264 kodek. Real Video formátu chybí jakákoliv standardizace a obdobně jako u formátu MOV od Quicktime, je potřeba k jeho přehrávání Real Video přehrávač, popřípadě nainstalování Real Time Alternative kodeků. Díky uzpůsobení kontejneru může tento formát měnit framerate přehrávaného videa v čase. V současné době

patří tento formát spolu s kodekem Real Video 10 k jedněm z nejrozšířenějších formátů v oblasti streamingu. Konkuruje mu Quicktime, WMV a Flash Video formáty. [12,15]

#### **4.5 MP4 a 3GP**

Dalším, v současné době velice rozšířeným opensource multimediálním kontejnerem, je MP4 formát, který byl vytvořen zejména pro použití v zařízeních spotřební elektroniky, jako jsou multimediální přehrávače, autorádia a mobilní telefony. MP4 formát bývá někdy označován názvem MPEG-4 Part 14, neboť je součástí tohoto MPEG-4 standardu. Základní struktura tohoto MP4 formátu je převzata z MOV formátu společnosti Apple, kdy MP4 je zjednodušenou verzí MOV. MP4 tvoří alternativu AVI formátu. Oproti AVI tento formát umožňuje obsahovat více zvukových stop, menu, popřípadně i 3D objekty. MP4 je také vhodný k použití v oblasti streamovaného videa a v oblasti ukládání HD videa v digitálních fotoaparátech a kamerách. Další odlišností od AVI formátu je možnost v použití komprese, kdy je zde používána pro obraz kompresní formát MPEG-1, MPEG-2 a zejména MPEG-4 a pro zvuk formát komprese MP3 a AAC (Advanced Audio Coding) popřípadně AC-3 (Dolby Digital). Neznámější video kompresí tohoto formátu je MPEG-4 part 2 (MPEG-4 ASP) s kodeky DivX a Xvid a MPEG-4 part 10 (MPEG-4 AVC, H.264), která je implementována například v kodeku x.264. Díky existenci celé řady neoficiálních modifikací tohoto formátu, přináší sebou MP4 nejčastěji problémy se stříhem a prohlížením videa. Jediná oficiálně rozšířená a podporovaná modifikace tohoto formátu je formát 3GP. Jedná se o video formát vyvinutý speciálně pro třetí generaci mobilních zařízení, který je založený na zjednodušené verzi MPEG-4 Part 14 (MP4) formátu. U 3GP se pro kompresi obrazu používá zejména H.263 případně H.264 kodek a pro kompresi zvuku AMR (Adaptive Multi-Rate compression) kodek. [12,15]

#### **4.6 MKV**

MKV (Matroska) představuje moderní, multiplatformní opensource multimediální kontejner, vyvíjený od roku 2002, který umožňuje, například oproti AVI formátu, pojmout většinu moderních video a audio kodeků. Z videokodeků se jedná především o H.264/MPEG-4 AVC, Quicktime a Flash Video. Z audiokodeků jde například o podporu bezztrátového formátu FLAC nebo prostorového DTS. MKV formát je nejvíce využíván k archivaci videa v nekomerční sféře, zejména s nástupem videa ve vysokém rozlišení se tento formát stal neoficiálním standardem pro šíření nelegálních kopií Blu-ray nebo HD DVD disků a TV ripů v rozlišení HDTV. Z důvodu rozšířenosti a obliby u uživatelů je tento formát videa čím dál více podporován celou řadou softwarových přehrávačů, taktéž i v oblasti výrobců spotřební

elektroniky (LG, SAMSUNG apod.). Ti začínají reagovat na poptávku po zařízení, která by daný formát podporovala.

## **4.7 MPEG TS**

MPEG transport stream patří do skupiny ISO/IEC standardů, které definují způsob multiplexování audio a video streamů do jednoho streamu. Je určen především pro MPEG audio a video, umožňuje kromě lokálního uložení audio/video souboru na disku také streamování souboru v prostředí internetu. Mimo streamingu umožňuje tento kontejner také použití v oblasti terestriálního nebo satelitního televizního vysílání včetně interaktivního obsahu. Tento kontejner je podporován celou řadou výrobců spotřební elektroniky, hlavním důrazem při jeho vzniku byla jeho jednoduchost při implementaci v komerčních zařízeních. [15]

## **4.8 QuickTime (MOV)**

QuickTime formát představuje multimediální kontejner, který byl původně vyvinut společností Apple Computers, jako standart pro video na počítačích Macintosh. V dnešní době je tento formát rozšířen i na platformu Windows. První verze tohoto formátu byla představena v roce 1991, kdy základy této architektury zůstaly zachovány téměř beze změn do dnešní doby. Tento multimediální kontejner může obsahovat jednu nebo více datových stop, které mohou být typu audio, video, efekty, popřípadě text pro zobrazení titulků. Každá z těchto datových stop obsahuje mediální datový tok, který je zakódován pomocí specifického kodeku nebo odkazy na datovou stopu v souboru, který je umístěn jinde. Formát MOV bylo možné až do roku 2004 přehrávat pouze v přehrávači QuickTime player, pocházejícího od tvůrců samotného formátu. QuickTime přehrávač je distribuován v Apple počítačích v operačním systému Mac OS zcela zdarma. Pro operační systém Windows existuje jak neplacená, tak placená verze QuickTime Pro, která obsahuje oproti neplacené verzi doplňující vlastnosti, jako například podpora kodeku H.264. S příchodem softwarového balíčku kodeků QuickTime Alternative (poslední verze 3.1.1) v roce 2004, je možné tento formát přehrávat v libovolném multimediálním přehrávači, který si uživatel zvolí. Přicházející operační systém Windows 7 bude obsahovat nativní podporu tohoto formátu přímo ve svém Windows Media Playeru, čímž odpadne nutnost instalace QuickTime Alternative kodeků popřípadě QuickTime přehrávače. V současné době patří tento QuickTime MOV formát videa k nejrozšířenějším formátům videa, jehož uplatnění je zejména v oblasti streamovaného videa a videokonferenčních aplikací, které budou blíže popsány v kapitole 6.2 této diplomové práce.

## 5 Komprimace videa

Od roku 1989, kdy se digitální video začalo pomalu implementovat do mnoha počítačových programů, se uživatelé setkávají s problematikou obrovského množství dat, se kterým je nutné pracovat při zpracovávání, uchovávání a u distribuce digitálního videa. Při ukládání videa do počítače v nekomprimované (surové) podobě roste velkou rychlostí jeho spotřeba volného místa na svém nosiči (pevném disku, CD, DVD, apod.). Například pro video se snímkovou frekvencí 25 fps v rozlišení 720x576 v barevném modelu RGB, ve kterém se jeden obrazový bod standardně kóduje třemi bajty, je potřeba pro uložení jedné sekundy video záznamu 31 1 04 000 bajtů ( $720 \times 576 \times 25 \times 3 \text{ byte} = 31\,104\,000 \text{ byte}$ ), což přibližně odpovídá 31MB. V případě ukládání nekomprimovaného videa v délce 2 hodin, by toto video zabíralo na pevném disku přibližně 223,2GB. Vzhledem ke kapacitě dřívějších pevných disků by byla tato situace nereálná. Proto bylo nutné tento datový objem snížit pomocí komprimace, kde hlavním posláním komprimace videa je snížení výsledného objemu dat, snížení zátěže přenosového média a dostupnost dat. V případě videa se můžeme setkat se dvěma základními druhy komprimace, a to ztrátovou a bezztrátovou. Ztrátová komprimace vychází z nedokonalostí lidského zraku, fungující na principu odstranění, lidským okem těžko postřehnutelných detailů z jednotlivých videonímků. Hlavním cílem ztrátové komprimace je získání přijatelné velikosti video souboru při co nejmenší ztrátě kvality obrazu. Oproti ztrátové komprimaci, bezztrátová komprimace zachovává všechna původní data a volí pouze úspornější metodu jejich zápisu. Jak již bylo uvedeno v kapitole 4, komprimace video souboru je specifikována použitým kodekem. Kodeky můžeme rozdělit do dvou základních skupin, na bezztrátové a ztrátové.

### 5.1 *Bezztrátové formáty*

Většina používaných bezztrátových metod je kódována jako série statických snímků, kde jednotlivé snímky obsahují veškeré informace potřebné k jejich dekódování bez uplatnění predikce. Při použití bezztrátových kodeků nedochází ke ztrátě informací z videa, což je ale na druhou stranu vykoupeno nízkým komprimačním poměrem oproti využití predikce. U bezztrátových kodeků se komprimační poměr pohybuje okolo poměru 1:2. Využití těchto bezztrátových kodeků spočívá zejména v oblasti dalšího zpracování videa. Mezi nejznámější bezztrátové kodeky můžeme zařadit HuffYUV, Lagarith a popřípadě i RAW.

### 5.1.1 HuffYUV

Jedná se o velmi rychlý, multiplatformní bezztrátový video kodek, vyvíjený pod GPL licenci, jehož autorem je Ben Rudiak Gould. HuffYUV podporuje kompresi obrazu ve formátu YUY2, UYVY a RGB. Jeho hlavními přednostmi jsou rychlost a hardwarová nenáročnost. Byl navržen tak, aby i na slabším uživatelském PC prováděl kompresi videa v rozlišení 640x480 při snímkové frekvenci 30fps v real-time čase. HuffYUV provádí komprimaci na základě použití Huffmanova kódování [16], jehož autorem je D. A. Hoffman. Princip Huffmanova kódování spočívá ve vytvoření binárního stromu na základě znalosti pravděpodobnosti výskytu jednotlivých znaků. Nejčastěji se vyskytující znaky jsou konvertovány do bitových řetězců s nejkratší délkou a méně často se vyskytující znaky jsou konvertovány do delších řetězců. Znaky jsou poté seřazeny podle četnosti a vždy dva znaky s nejmenší četností jsou spojeny spojnicí ohodnocenou hodnotou 0 a 1. Hrany (cesty) k danému znaku poté udávají jeho kódování. Za použití HuffYUV kodeku lze dosáhnout komprese videa až na 30-40% původní velikosti videa. Vývoj tohoto kodeku byl ukončen v roce 2002.

### 5.1.2 Lagarith

Jedná se o bezztrátový video kodek, vyvíjený pod GPL licenci, jehož autorem je Ben Greenwood. Tento kodek byl původně vyvinut pro prostředí operačního systému Windows, později se však rozšířil i pro operační systém MAC OS. Lagarith podporuje kompresi obrazu ve formátu YV12, YUY2, RGB a RGBA. Je považován za nástupce HuffYUV kodeku, kde oproti němu dosahuje o 10-30% lepší kompresní poměr, ale na druhou stranu je oproti HuffYUV až o 50% pomalejší. Tento kodek, stejně jako jeho předchůdce, nepoužívá predikci mezi jednotlivými snímky. Každý snímek je zde kódován odděleně, čímž se každý snímek stává klíčovým snímkem a ulehčuje se s tím střih, spojování a posouvání ve výsledném videu. Zajímavostí tohoto kodeku je jeho verze pro 64-bitové procesory. [2,15]

### 5.1.3 RAW

V případě RAW se nejedná o kodek, ale o bezztrátový nekomprimovaný formát. Jeho název pochází z anglického slova raw, které v překladu znamená surový, neupravený. V případě videa v rozlišení 720x576 (PAL) má RAW datový tok 31,1 MB/s.

## 5.2 Ztrátové formáty

Jednotlivé ztrátové kodeky se od sebe navzájem liší kvalitou, rychlostí a výslednou velikostí komprimovaného videa. Komprimační poměr u ztrátových kodeků se pohybuje v rozmezí poměrů 1:4 až 1:100 k původnímu originálu videa.

### 5.2.1 M-JPEG

M-JPEG (Motion-JPEG) je ztrátový kodek, jehož kompresní algoritmus je založen na ztrátové kompresi statického obrázku JPEG. U M-JPEG je každý snímek kódován odděleně, čímž se každý zkomprimovaný snímek stává snímkem klíčovým. Výsledná kvalita videa je zde ovlivněna nastaveným stupněm komprese. Poměr komprese se v případě M-JPEG pohybuje mezi hodnotami 1:6 a 1:16. Použití M-JPEG se převážně hodí pro střih a další zpracování videa na počítačích. Další oblastí použití M-JPEG je jeho hardwarová implementace v mnoha zachytávacích kartách, digitálních popřípadě IP kamerách. Nevýhodou hardwarově implementovaného M-JPEG kodeku je jeho častá nemožnost přehrát zachycené video na jiném počítači bez daného hardwaru, což je způsobeno tím, že daný kodek nemá svůj oficiální standard a každý výrobce si definuje svou vlastní variantu. Těchto kodeků existuje celá řada, z neznámějších by sem patřil: Pegasus PICVideo M-JPEG, Morgan Multimedia M-JPEG, LEAD Motion JPEG Codec. [2,11]

### 5.2.2 MPEG

**MPEG (Motion Picture Experts Group)** představuje zkratku pocházející z názvu pracovní skupiny zabývající se v rámci organizace ISO (International Standard Organisation) vývojem standardů pro kompresi a přenos audiovizuálních dat. Z komerčního hlediska jsou MPEG standardy velice důležité, neboť jejich uplatnění se používá kromě počítačového průmyslu také například v průmyslu spotřební elektroniky. Typickým představitelem je formát MP3, který se používá v systémech domácího kina, v digitálních fotoaparátech a kamerách, automobilových přehrávačích a v jiných oblastech výrobků spotřebního průmyslu. Jeden standard by však nemohl vyhovovat celé šíři existujících aplikací, proto byl MPEG rozdělen na několik subsystémů. Každý z těchto subsystémů je optimalizován pro určitý okruh aplikací. V době návrhu MPEG standardu byly považovány za nejdůležitější vlastnosti výsledného MPEG [2,13]:

- možnost přímého přístupu k obrázkům
- synchronizace zvuku a videa
- robustnost k chybám

- flexibilita formátu
- možnost přehrávání pozpátku
- možnost rychlého dopředného a zpětného prohledávání
- cena

Skupina MPEG standardizovala doposud čtyři kompresní formáty. Prvním formátem standardu MPEG se stal v roce 1991 MPEG-1, který byl navržen pro multimediální aplikace pracující s nízkými datovými toky.

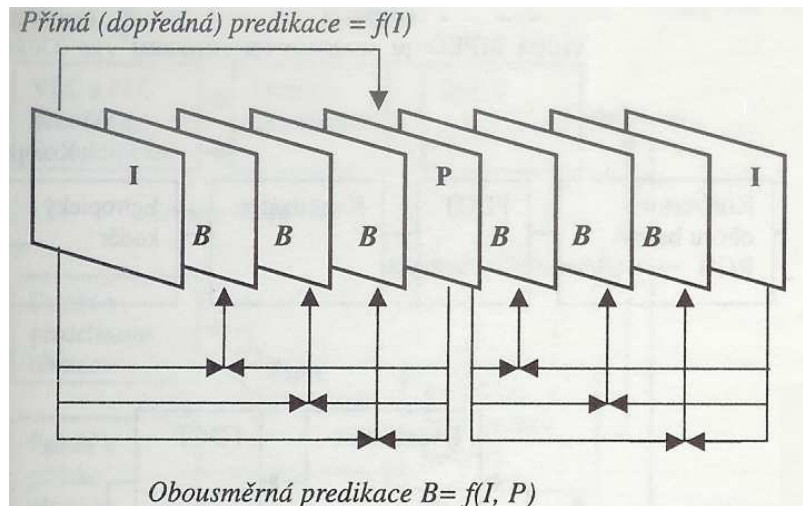
## MPEG-1 standard

Tento kodek z dílny Motion Pictures Experts Group byl vytvořen v roce 1991 (v roce 1992 byl přijat jako standard) pro práci s digitálním videem na CD o rozlišení 352x288, při rychlosti 25fps a datovém toku 1500bit/s. Oproti výše uvedeným kodekům nejsou u MPEG jednotlivé snímky komprimovány odděleně, ale dochází zde ke kompresi celých sekvencí snímků, kdy jednotlivé snímky jsou komprimovány v závislosti na okolních snímcích (interframe komprese). MPEG rozlišuje tři druhy snímků [2]:

- I snímky (Inter Pictures), které tvoří základní záchytný bod ostatním snímkům. Tento typ snímku obsahuje kompletní informaci sám o sobě a neodkazuje se na ostatní snímky. Komprimace těchto snímků je obdobná jako u M-JPEG s rozdílem, že u MPEG se mohou různé části snímku komprimovat různým stupněm komprese.
- P snímky (Predictive Pictures), které je kódovány pomocí předešlých (forward prediction) I nebo P snímků. Tento typ snímků vychází z předpokladu, že následkem pohybu zobrazeného objektu se jen určité bloky přesunou na jiné místo v obraze.
- B snímky (Bidirectional Pictures) jsou dopočítávané jako rozdílové snímky mezi nejbližším předchozím a nejbližším následujícím I nebo P-snímekem. Tyto snímky zabírají nejméně místa na svém úložišti.

Sekvence I, P a B snímků se nazývá GOP (Group of Pictures), jehož délka může být libovolná, stejně jako struktura. Jedinou podmínkou GOP je, že daná sekvence musí obsahovat alespoň jeden I snímek. Posloupnost GOP je znázorněna na následujícím obrázku (Obr.13)





Obr. 13 – Posloupnost GOP v MPEG. Zdroj: [2]

Z obrázku (Obr.13) je patrné, že první tři B snímky (2.,3. a 4. snímek) jsou zakódovány za použití obousměrného kódování pomocí předchozího I snímku (1. snímek) a za pomoci následujícího P snímku (5. snímek). Pořadí dekódování snímků musí být jiné, než při kódování. Pátý snímek typu P musí být dekódován před B snímky (2.,3. a 4. snímek) a devátý snímek typu I musí být dekódován před B snímky (6.,7. a 8. snímek). Při přenosu MPEG dat sítí z obrázku 14 by mělo být pořadí snímků (1.,5.,2.,3.,4.,9.,6.,7.,8.). Struktura GOP může také obsahovat pouze I snímky, v tomto případě se jedná o identický algoritmus s M-JPEG. Je vhodný zejména k rychlému přístupu k obrázkům, který nevyžaduje žádné náročné technické řešení, využíván je především ve stříhových systémech. Nevýhodou MPEG-1 je jeho schopnost pracovat pouze s konstantním datovým tokem, který je vhodný zejména pro statické scény, nemožností použít prokládaných snímků, kterých se využívá v televizním vysílání a schopností MPEG-1 komprimovat pouze celé snímky. Dosažitelná kvalita MPEG-1 je srovnatelná s kopií VHS, která odpovídá videu v rozlišení 352 x 288 pixelů s 25 fps a 24 bitovou barevnou hloubkou s datovým tokem 1,5Mb/s.

## MPEG-2 standard

MPEG-2 se stal nástupcem MPEG-1, jako reakce na potřebu kódování videa s vyšším rozlišením a kódování videa s prokládáním. Dalším požadavkem na nástupce MPEG-1 bylo vyvinout rozšíření, které by umožnilo větší vstupní formátovou flexibilitu a vyšší datové rychlosti, kterých je potřeba pro HDTV. V roce 1994 se MPEG-2 stal standardem pro kompresi digitálního videa. Tento standard umožňuje jak kompresi CBR (Constant Bit Rate), neboli kompresi se stále stejným datovým tokem, tak i VBR (Variable Bit Rate) kompresi, kde se využívá různého datového toku, podle náročnosti dané scény. MPEG-2 se používá zejména pro DVD video s rozlišením 720x576 (PAL), SVCD videa s rozlišením 480x576

(PAL) a při kódování satelitních přenosů. Mimo jiné je také MPEG-2 využito v oblasti uložení HD videa v rozlišení 1920 x 1080 pixelů s 50fps. Na rozdíl od svého předchůdce dokáže MPEG-2 pracovat s variabilní datovým tokem (VBR), čímž je umožněno dosáhnout lepší kvality a lepšího kompresního poměru u náročnějších (dynamických) scén. Velikost datového toku při použití MPEG-2 se pohybuje od 3 do 30Mbit/s. Oblast využití tohoto standardu je zejména v oblasti SVCD, DVD, DVB (Digital Video Broadcast). [2,11]

### **MPEG-3 a MPEG-4**

MPEG-3 byl definován původně pro HDTV aplikace, ale vzhledem k masovému rozšíření MPEG-2, nebyl MPEG-3 vydán jako standard, ale byl zahrnut do standardu MPEG-2. V roce 1998 vychází standard s označením MPEG-4, který zdědil některé vlastnosti starších standardů MPEG-1 a MPEG-2 a přidal k nim řadu nových vylepšení, přinášejících možnost ukládání obrazu ve stejné kvalitě, ale při násobně menším objemu dat. Jednou z nově přidaných vlastností je možnost pracovat s trojrozměrnými objekty pomocí grafického formátu založeném na deklarativním programovacím jazyce VRML (Virtual Reality Modeling Language), který je určen pro popis trojrozměrných scén obsahující pasivní a aktivní objekty, používaných například v různých aplikacích virtuální reality. Dalším vylepšením je podpora DRM (Digital Rights Management), neboli správa digitálních práv, jejichž účelem je kontrolovat, popřípadě omezit přístup k obsahu digitálního média, který by byl v rozporu s autorskými (licenčními) právy k danému obsahu. V tomto standardu se již nejedná o přesnou definici kompresních algoritmus, jako je tomu u předcházejících standardů, ale jde o množinu vlastností a parametrů, které musí komprimátor splňovat, aby byl s tímto standardem kompatibilní. Implementace jednotlivých možností zahrnutých do MPEG-4 standardu je ponecháno na programátorech daného kodeku. Nedílnou součástí MPEG-4 standardu jsou jeho profily, podle kterých se řídí následné přehrávání videa. Těchto profilů existuje celá řada, ale nejznámější z nich jsou profily MPEG-ASP a MPEG-4 AVC. MPEG-4 - Advanced Simple Profile, spadá mezi nejrozšířenější metody komprese videa, popisující kódování obrazu, kdy samotné provedení enkódu je provedeno konkrétními kodeky od různých autorů. Tento profil je implementován v celé řadě kodeků. Nejznámější implementací tohoto profilu jsou kodeky Xvid a DivX, který vznikl hacknutím kodeku MPEG-4 v3. Díky nízkým datovým tokům, kterých je za pomoci implementace tohoto standardu dosaženo, je nejpoužívanější oblastí tohoto standardu streamování audiovizuálních dat na internetu. Mimo jiné našel tento standard uplatnění v oblasti kódování HD Video. V současném MPEG-4 formátu je zahrnut i formát QuickTime od společnosti Apple. [2, 15,17]

### 5.2.3 DivX 3.11 ;- ) Alpha

Jedná se o velice známý a rozšířený kodek, který vznikl upravením kodeku ASF MS-MPEG4v3 od společnosti Microsoft, která chtěla vytvořit kodek vhodný k použití v oblasti přenosu videa po internetu a v oblasti videokonferencí. První verze tohoto ASF MS-MPEG4v3 beta kodeku, umožňovala ukládat video do formátu AVI, ale ve finální verzi byla možnost tohoto uložení zakázána. Povolena byla pouze kombinace tohoto kodeku s multimediálním kontejnerem ASF, který v době vzniku tohoto kodeku neměl téměř žádnou podporu. ASF MS-MPEG4v3 kodek umožňoval zkomprimovat celý film, při zachování na tehdejší poměry dobré kvality na velikost jednoho CD. Průlom ve vývoji tohoto kodeku učinila v roce 1998 skupina lidí kolem francouzského hackera Jérôme Rota, která původní kodek od Microsoftu upravila na možnost ukládání videa do AVI, stejně jako tomu bylo v původní beta verzi MS-MPEG4v3. Mimo jiné došlo k odstranění některých nedostatků původního kodeku, mezi které by patřilo odstranění maximálního rozlišení 352x288. Mimo jiné vzniklo několik modifikací tohoto DivX 3.11 Alpha kodeku, jako je například Fast Motion verze, která ve scénách videa s pomalým pohybem výrazně snižovala datový tok a u scén s rychlým pohybem datový tok zvyšovala. Tímto postupem bylo možné dosáhnout vyšší kvality videa při nerostoucí velikosti výsledného video souboru. Příchod DivX 3.11 Alpha kodeku vyvolal revoluci v oblasti digitálního videa, stejně jako tomu bylo s příchodem formátu MP3 u digitálního zvuku. Vývoj tohoto kodeku byl značně omezen díky jeho ilegálnosti a absenci zdrojových kódů, které vlastnil Microsoft. Proto se skupina vývojářů kolem Jérôme Rota rozhodla pro vývoj svého vlastního legálního a kompatibilního kodeku s MPEG-4 standardem. První oficiální verzí tohoto nově vyvíjeného kodeku byla verze DivX 4.

### 5.2.4 DivX 4

V roce 2001 došlo ke zveřejnění nové verze kodeku s názvem DivX 4. Tento kodek se měl stát nástupcem svého nelegálního a nekompatibilního předchůdce DivX 3.11 Alpha kodeku. V době zveřejnění tohoto kodeku se původní vývojářská skupina rozdělila na dva tábory, kdy jedna se zabývala původním DivX (komerčním), a druhá si vytvořila z jádra tohoto kodeku svůj vlastní kodek s názvem Xvid (opensource). DivX 4 nabízel tři druhy komprese:

- jednopřechodovou s konstantním datovým tokem, která se snaží po celou dobu komprimace videa udržet stále stejný datový tok

- jednorůchodovou s konstantní kvalitou, kde se komprimuje tak, aby bylo po celou dobu komprimace dosaženo konstantní kvality, což má většinou za následek nepředvídatelnost výsledné velikosti video souboru
- dvouprůchodová komprese, kdy v prvním kroku se analyzuje zdrojový video soubor a informace se ukládají do log souboru. V druhém kroku se na základě informací z log souboru volí optimální datový tok

Dalším projektem této společnosti byl DivX 5 kodek, kdy po zveřejnění tohoto kodeku se z DivX stává komerční produkt, jehož zdrojové kódy nejsou zveřejňovány. [15,18]

### 5.2.5 DivX 5

V roce 2002 přichází nový nástupce DivX 4, kterým je DivX 5. Tento kodek je kompatibilní s MPEG-4 standardem a zvládá přehrávání všech předchozích verzí kodeku DivX. Oproti svým předchůdcům nabízí DivX 5 pokročilejší techniky při kompresi video souboru a oproti DivX 4 dosahuje při zachování stejné velikosti souboru až 25% zlepšení vizuální kvality obrazu. Implementuje do sebe algoritmy, které jsou založeny na tzv. psychovizuálním modelu, kdy se na základě znalostí o lidském vizuálním systému posuzuje, které frekvence v obrazu jsou pro člověka důležité a které nikoliv, čímž je dosaženo lepších kompresních poměrů. Pomocí DivX 5 je umožněna konverze do čistě MPEG-4 formátu a konverze mezi ním a AVI formátem. Stejně jako jeho předchůdce podporuje barevné modely YUV a RGB. Veškeré změny v tomto kodeku jsou převážně orientovány na rychlost a kompatibilitu.

### 5.2.6 DivX 6 a DivX 7

V polovině roku 2005 se na trhu objevil DivX 6, který byl nástupcem předchozího kodeku DivX 5. Na rozdíl od verze 5 tento kodek produkuje až o 20% kvalitnější video, zejména v oblasti kompresních artefaktů, jako jsou například zubaté hrany u obrazu, a je téměř o 10% rychlejší. Stejně jako u jeho předchůdců nabízí tento kodek možnost jednorůchodové i dvouprůchodové komprimace. DivX6 podporuje mnoho mediálních formátů a přináší s tím i zcela nový formát s názvem DivX Media Format, který v sobě zahrnuje například podporu interaktivního videa, rozmanitých titulků, více jazykových stop apod. DivX šesté generace je velmi podobný formátu QuickTime, kdežto jeho předchůdci jsou podobní formátu MPEG-2. Využití DivX 6 je především v oblasti HD videa, kdy pomocí tohoto kodeku je možné uložit HD záznam na klasické DVD. Se stále rostoucí poptávkou po videu v HD rozlišení byla v lednu 2009 uvolněna nová verze s označením DivX 7. DivX sedmé verze je navržena pro podporu formátu H.264, dovolujícího účinnou kompresi HD

video, a pro podporu velmi oblíbeného otevřeného multimediálního kontejneru MKV (Matroska). Zvuk je v DivX 7 podporován ve formátu AAC. Díky oblíbenosti DivX v oblasti HD videa, se očekává blízké rozšíření certifikace výrobků pro profil DivX Plus HD, která budou schopná takovýto obsah DivX 7 přehrávat. Jako první, kdo uzavřel smlouvu na certifikaci, byla společnost Panasonic.

Balíček kodeků DivX se stal populární zejména účinnou kompresí, díky které není problém uložit celovečerní film na jediné CD. Tato schopnost DivX umožňuje uživatelům archivovat filmy i na počítačích bez DVD vypalovací mechaniky a snadněji sdílet videa přes internet.

### **5.2.7 Xvid**

Jedná se o oblíbený video MPEG-4 kompatibilní kodek, který vznikl po přechodu DivX do komerční sféry, kdy se část programátorů společnosti DivX rozhodla pro vývoj vlastního otevřeného kodeku, který by byl zcela zdarma. Pomocí Xvid je možné dosáhnout vysoké kvality videa při nízkém datovém toku. Tento kodek umožňuje rozmanité nastavení daného kodéru, ale na druhou stranu vyžaduje vyšší nárok na znalosti ze strany uživatele. Xvid se stal až do verze DivX 5 hlavním konkurentem společnosti DivX. Rozdíly mezi těmito dvěma projekty byly spíše subjektivní záležitostí. Jediným nepatrným rozdílem byla vyšší rychlost DivX, oproti tomu Xvid dosahoval lepšího kompresního poměru. Hlavní výhodou Xvid je jeho otevřenost a multiplatformní kompatibilita.

### **5.2.8 H.263 a H.264**

Představuje jeden z nejstarších standardů z roku 1995 pro kompresi využívanou ve videokonferenčních aplikacích. H.263 je nástupcem H.261, jehož původním záměrem bylo využití tohoto standardu pro kompresi obrazového signálu v sítích s malou šířkou pásma, přibližně od 28.8 do 128 kbps. H.263 kromě vlastností z H.261 využívá některých vlastností z MPEG1 a MPEG2 standardů. Oproti svému předchůdci H.263 implementuje vyšší přesnost při pohybu. Použití H.263 se kromě oblasti video standard příliš nepoužívá a byl nahrazen standardem H.264, který je též znám pod označením MPEG-4 Part 10, popřípadě MPEG-4 AVC.

Jedná se o standart pro kompresi videa, který byl vyvinut ve spolupráci skupin Video Coding Experts Group (VCEG) společně s Moving Picture Experts Group (MPEG). Toto jejich partnerství je zastřešeno pod název Joint Video Team (JVT). První verze tohoto formátu byla standardizována v roce 2003, cílem tohoto projektu bylo dosažení nižšího datového toku oproti MPEG-2 standardu při zachování stejné kvality obrazu a při zachování

stejných systémových nároků pro dekodování. Díky těmto jeho přednostem, ke kterým by patřila také jeho možnost regulace datového toku podle propustnosti sítě, se s ním můžeme setkat v širokém spektru uplatnění, jako je například oblast videa v mobilních telefonech, multimediálních mobilních přehrávačích, kde je kladen hlavní důraz na nízký datový tok a nízkou systémovou náročnost. Další použití H.264 je zejména v oblasti s vysokými nároky na kvalitu obrazu jako je oblast HD-DVD, Blu-ray popřípadě streamované HD vysílání. [2,19]

### **5.2.9 Microsoft Video 1**

Kodek vyvinutý společností Microsoft, která ho poprvé aplikovala do svého operačního systému Windows 95. V době svého vzniku se jednalo o velice rychlý a kvalitní kodek. V současné době, kdy jsou kladeny vysoké nároky na výslednou kvalitu digitálního videa, je tento kodek zastaralý a nepoužitelný, neboť i při nastavené 100% kvalitě tohoto kodeku je znatelné čtverečkování obrazu. Navíc v porovnání se současnými kodeky je tento kodek velice pomalý a výsledný zkomprimovaný video soubor je větší než stejný video soubor komprimovaný například HuffYUV kodekem, který je bezztrátový, a tudíž by jeho velikost měla být mnohonásobně větší. [15]

### **5.2.10 Indeo Video**

Intel Video představuje kodek od společnosti Intel, který ve své době dosahoval mnohem lepších výsledků, než kodek od konkurenční společnosti Microsoft Video 1. Indeo Video byl vydán v několika verzích, které se od sebe příliš nelišily. Hlavní nevýhodou tohoto kodeku je jeho pomalá rychlost zpracování a nemožnost komprimace videa s datovým tokem pod 1 000 kb/s. V současné době je tento kodek zastaralý a byl nahrazen modernějšími kodeky standardu MPEG-4 a DivX.

### **5.2.11 Windows Media Video**

Typickým představitelem tohoto formátu od společnosti Microsoft, je kodek Windows Media Video 8, který vychází z ASF standardu. Tento kodek vyniká zejména v kódování v rychlých scénách, kde díky VBR dovoluje snížit datový tok při zachování dobré kvality obrazu. Jeho nástupcem se stal v současné době Windows Media Video 9, který oproti svému předchůdci dosahuje 15ti až 5ti procentního zlepšení kvality obrazu.

## 6 Rozdělení videa podle způsobu doručení k uživateli

V současné době, charakterizované prostředím výkonných osobních počítačů, vysokorychlostních sítí a rozvojem širokopásmového připojení koncových uživatelů, prodělává problematika zpracování a distribuce videa na počítačích obrovský posun. Podle způsobu doručení videa k uživateli můžeme rozlišovat off-line a on-line přenos videa.

### 6.1 Off-line video

Jednou z možností, jak dané video distribuovat širšímu okolí PC uživatelů, je distribuce videa na distribuovatelných médiích. Nejběžnějším typem přenosového media je CD, DVD, HD DVD a v dnešní době postupně se rozšiřující Blu-ray disk.

#### 6.1.1 Video CD

Prvním kompaktním diskem (CD) použitým pro záznam videa byl již v osmdesátých letech dvacátého století kompaktní disk o průměru 12cm s optickým záznamem, který byl původně určen pouze pro uložení zvukové stopy a nikoliv videa. Na tomto typu disku jsou data uložena v jedné dlouhé spirále, která začíná od středu a končí u okraje disku. Jedná se o jednostranný záznam, který je přístupný pouze ze spodní části (nepotištěné) disku. Celková kapacita tohoto disku je 656 MB (74min) a později 700 MB (80min). Kromě klasického rozměru CD existují i varianty, jako je například CD ve velikosti 8cm (cca 210MB, 24min), popřípadě CD ve tvaru vizitky, kterých je využíváno zejména v oblasti reklamního marketingu. V oblasti distribuce videa nejsou tyto varianty příliš vhodné a rozšířené z důvodu menší kapacity dat. V roce 1993 byl za podpory společností Sony, Philips, Matsushita a JVC vytvořen digitální formát k ukládání videozáznamu na CD disk pod názvem Video CD, kterým se stal zároveň standardem CD označovaným názvem White book (Bílá kniha).

Specifikace formátu Video CD [22]:

Video

- Formát komprese: MPEG-1
- Rozlišení: PAL/SECAM: 352:288, NTSC: 352x240
- Poměr stran: PAL/SECAM: 4:3, NTSC: 107:80
- Snímková frekvence: PAL/SECAM: 25fps, NTSC: 29,97 popřípadě 23,976fps
- Datový tok: 1 150 kb/s - konstantní

## Audio

- Formát komprese: MPEG-1 Audio Layer II
- Vzorkovací frekvence: 44 100 Hz
- Datový tok: 224 kb/s – konstantní

Na Video CD disk je možné umístit současně jednu video stopu a jednu audio stopu, popřípadě použít funkce menu nebo jednotlivých kapitol. Tento formát lze přehrát na většině současných DVD přehrávačů a PC. Kvalita obrazu tohoto formátu je srovnatelná s kvalitou VHS kazety.

### 6.1.2 XVCD

Představuje zkratku Extended Video Compact Disc a jedná se o modifikaci Video CD formátu, který oproti svému předchůdci podporuje větší datový tok. Struktura XVCD obsahuje stejně jako Video CD jednu audio stopu (224 kb/s) a jednu videostopu ve formátu komprese MPEG-1. Datový tok může dosahovat až 2500 kb/s. Tento formát oproti Video CD požaduje od přehrávačů schopnost zpracování vyššího datového toku dat a není s tímto formátem kompatibilní. V dřívějších dobách nebyl tento formát u výrobců hardwarových přehrávačů moc podporován, jeho podpora byla v převážné míře u softwarových přehrávačů na PC. V současné době lze tento formát bez problémů přehrát na většině stolních DVD. [20]

### 6.1.3 SVCD

Super Video CD formát byl vyvinut společnostmi podílejícími se na vzniku Video CD formátu a spoluprací Čínského státního úřadu pro standardy. Původně byl SVCD určen pouze pro čínský trh z důvodu poměrně vysoké zaostalosti zdejšího trhu v oblasti distribuce multimedii, kde se nepředpokládalo brzké proniknutí DVD formátu. Hlavní cílem tvůrců SVCD bylo vytvořit formát, který by vyhovoval nejlepšímu poměru ceny a výkonu, při zachování vysoké kvality záznamu s nízkými náklady na duplikaci a s ohledem na kapacitní velikost disku. Jedná se tedy o „pseudo DVD“ vytvořené pro CD. Oproti Video CD se liší způsobem použité komprese, kde oproti MPEG-1 používá MPEG-2 kompresi a umožňuje použít kromě konstantního (CBR) i variabilní (VBR) datový tok. [20]

Specifikace formátu Super Video CD :

## Video

- Formát komprese: MPEG-2
- Rozlišení: PAL/SECAM: 480 x 576 bodů, NTSC: 480x480
- Poměr stran: PAL/SECAM: 4:3, 16:9
- Snímková frekvence: PAL/SECAM: 25fps, NTSC: 29,97 popřípadě 23,976fps



- Proměnný datový tok až 2 600 kb/s Audio

Audio

- Formát komprese: MPEG-1 Audio Layer II
- Vzorkovací frekvence: 44 100 Hz
- Proměnný datový tok: 32 - 384 kb/s

Na rozdíl od předchozích formátů VCD a XVCD umožňuje SVCD uložit na CD dvě audio stopy, které lze využít pro vícejazyčný záznam. Další výhodou tohoto formátu je oddělení textové informace od obrazové. Textová informace může nabývat podoby titulků nebo v asijských a západních zemích hodně populárního karaoke textu. Obdobně, jako je tomu u struktury DVD, i zde je možnost použít strukturu menu, indexů, kapitol. Díky MPEG-2 je možno použít i širokoúhlý formát obrazu 16:9, který můžeme získat například použitím širokoúhlého objektivu, popřípadě oříznutím klasického 4:3 obrazu. Hlavní výhodou tohoto formátu je jeho kompatibilita s Video CD a nízké náklady na mastering a duplikaci. Oblast využití tohoto formátu je zejména v oblasti nízko nákladových filmů, vzdělávání, reklamních a instruktážních videí a karaoke.

#### 6.1.4 DVD - Video

Jedná se o standard způsobu uložení videozáznamu na DVD nosiči, který je nástupcem dnes již zastaralého CD. Nosičem informací je zde, stejně jako u CD, plastový disk o průměru 12cm. Samotný záznam dat probíhá do jedné nebo dvou vrstev z jedné nebo obou stran disku ve tvaru spirály. Podle počtu stran a vrstev dělíme DVD na:

- DVD-5: jedna strana, jedna vrstva, kapacita 4,7GB
- DVD-9: jedna strana, dvě vrstvy, 8,5GB
- DVD-10: dvě strany, jedna vrstva na každé straně, 9,4GB
- DVD-14: dvě strany, dvě vrstvy na jedné straně, jedna vrstva na druhé, 13,2 GB
- DVD-18: dvě strany, dvě vrstvy na každé straně, 17,1 GB

#### Obraz a zvuk na DVD-Video disku

Ke kompresi obrazu je zde využito kompresního standardu MPEG-2. Rozlišení obrazu je u DVD Video pro normu PAL 720 x 576 při 25fps a pro NTSC 720 x 480 při 24 nebo 29,97fps. Datový tok se u DVD-Video disků pohybuje v rozmezí od 3 do 10 Mbit/s (pro audio a video dohromady). Zvuková stopa bývá na DVD-Video disku kódována v několika standardech. Mezi nejznámější z těchto audio standardů patří MPEG Audio, používající MPEG-2 kompresi s proměnlivým (VBR) a konstantním (CBR) datovým tokem. V případě VBR se datový tok pohybuje v rozmezí od 32 do 912 kb/s. V případě použití MPEG-1

komprese, které je využito i u Video CD disků, představuje maximální konstantní datový tok hodnotu 224 kb/s. Tento MPEG Audio standard není v současné době příliš používán, nahradily ho jiné standardy, jako například prostorový AC-3 (Dolby Digital), kde je stejně jako u videa a MPEG Audia použito MPEG-2 komprese, s datovým tokem 192 kb/s pro stereo zvuk a od 384 do 448 kb/s pro prostorový 5+1 zvuk. Zvuk tedy může být na DVD Video disku uložen až v šesti kanálech. Dalším standardem je například DTS (Digital Theatre System), který využívá datového toku ve velikosti od 754 do 1509 kb/s. Další možností je použít nekomprimovaný formát PCM, který se využívá zejména u DVD-Audio disků [14].

## Datová struktura DVD-Video

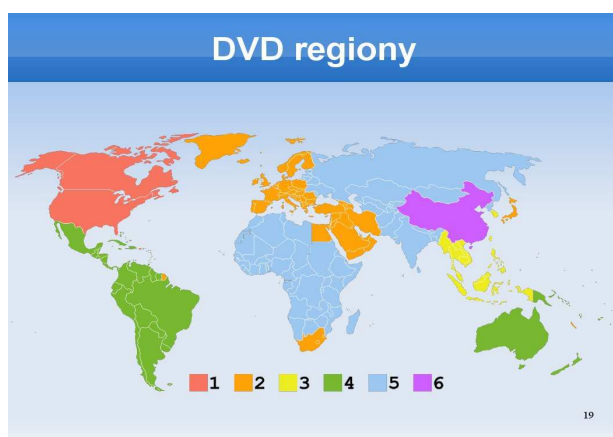
Fyzická struktura DVD-Video disku je rozdělena na části, které se nazývají VTS (Video TitleSet) a reprezentují určitou logickou část DVD disku. Kromě těchto částí DVD Video disk musí obsahovat adresář s názvem VIDEO\_TS, jedná se o video Manager, který obsahuje tři druhy souborů, ve kterých jsou uloženy jednotlivé složky video obsahu, obsahující obraz, zvuk, menu, titulky (maximálně 32) a popřípadě i informace o kapitolách. Jednotlivé soubory od sebe můžeme odlišit podle použité přípony [14].

- **Vob (Video Objects)** soubory, obsahují video, zvuk a titulky a jejich maximální velikost na DVD-Video disku zpravidla nepřekračuje 1 GB. Výsledný videozáznam na DVD-Video disku je pak rozdělen do několika vob souborů. K rozpoznání, které vob soubory patří k sobě jsou dané soubory označeny pomocí VTS a pořadového čísla. Pro menu je vyhrazen formát názvu VTS\_xx\_0.VOB, ostatní vob soubory začínají až od pořadového čísla jedna.
- **Ifo** soubor obsahuje informace, které se nachází ve vob souborech, které se váží k danému ifo souboru a informace které jsou nezbytné pro správné přehrávání daného DVD-Video disku. Přehrávač pak díky ifo souboru ví, co se má přehrát, kde se nacházejí jednotlivé zvukové stopy k danému záznamu, titulky apod.
- **Bup** soubory obsahují stejné informace jako ifo soubory. Jedná se tedy o záložní kopie daných ifo souborů.

Na DVD se však nemusí nacházet pouze VIDEO\_TS adresář, ale také například AUDIO\_TS adresář, který je využit u DVD-Audio disku. V případě DVD-Video disku je tento adresář většinou prázdný. Mezi VIDEO a AUDIO DVD a datovému DVD-ROM není žádný fyzický rozdíl, jako je tomu například u datového a hudebního CD disku. Rozdíl je zde pouze v samotných datech obsažených na DVD.

## DVD regiony

Jedná se o jeden ze způsobů ochrany DVD-Video disků proti nelegálnímu kopírování a šíření, který vznikl na základě žádosti filmových studií. DVD region představuje kód regionu, který nabývá hodnoty 0 až 8 a je umístěn v prvním sektoru DVD disku. Jedná se kód, který vymezuje region, pro který je obsah daného DVD-Video disku určen. DVD-Video disk může těchto kódů obsahovat více. Softwarové i hardwarové DVD přehrávače obsahují také jeden nebo více těchto kódů. Při pokusu o spuštění daného DVD-Video disku jsou nejdříve porovnány kódy z nosiče s kódy uloženými v přehrávači. V případě, že je daný pár shodný, nebo jeden z páru je roven hodnotě 0, dojde k přehrání obsahu disku, čímž mělo být zaručeno, že daný DVD disk bude moci být přehráván jen v určitém regionu. Tato ochrana je v současné době již překonaná a většina dnešních DVD přehrávačů umožňuje přehrát jakýkoliv DVD-Video disk, bez ohledu na kód regionu. Přehled jednotlivých regionů je znázorněn na následujícím obrázku (Obr.14) [21].



**Obr. 14 – DVD regiony. Zdroj: [21]**

- 0 - lze přehrát ve všech regionech
- 1- Kanada, USA, US teritoria
- 2- Evropa, Severní Afrika, Střední východ zahrnující Egypt
- 3 - Jihovýchodní a východní Asie
- 4- Austrálie, Nový Zéland, Oceánie, Jižní a Střední Amerika, Mexiko
- 5- Afrika, Východní Evropa, Rusko, Indický subkontinent, Mongolsko, Severní Korea
- 6- Čína
- 7- Rezervováno pro budoucí využití
- 8 - "Mezinárodní" objekty jako jsou letadla, lodě, atd.

V současné době se používá pro distribuci videa více DVD disků, neboť čím vyšší je počet zvukových stop popřípadě čím vyšší je množství bonusového materiálu ve formě

fotografií, dokumentů o natáčení, nepoužitých scén apod., tím nižší je datový tok a tedy zpravidla nižší kvalita obrazu z důvodu omezené kapacity DVD nosiče. [21]

### **6.1.5 HD DVD**

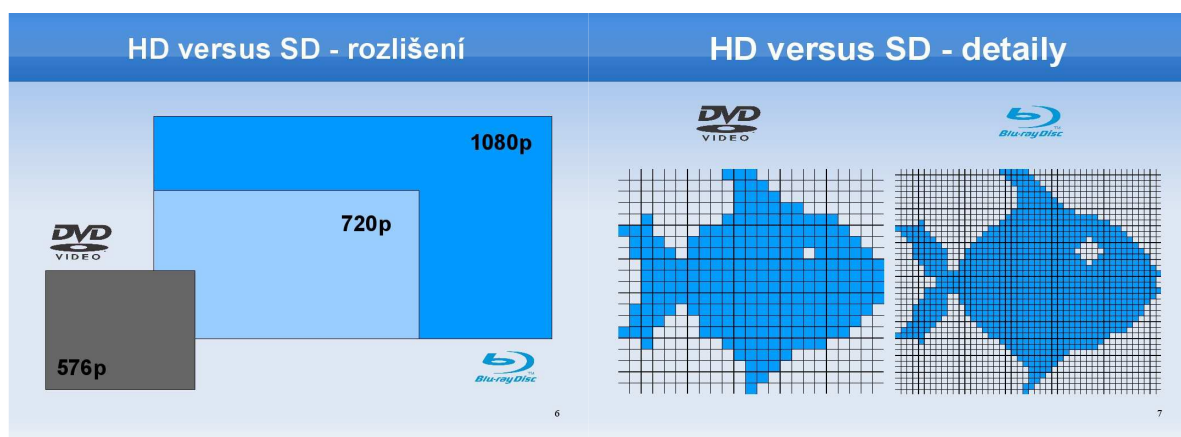
Jedná se o třetí generaci optických disků, které umožňují uchovávat větší objem dat než je u jejich předchůdců. HD DVD bylo vyvíjeno jako konkurenční řešení k nové technologii Blu-ray od společnosti Sony a zároveň mělo být nástupcem DVD. Za vývojem samotného HD DVD stálo DVD fórum a společnosti Toshiba, NEC a Sanyo. HD DVD disky, někdy také označované jako High Definition DVD díky své kapacitě mohou obsahovat obrazový záznam ve vysokém rozlišení a audio záznam ještě v lepší kvalitě, než je u klasického DVD. Technologie záznamu je zde obdobná jako u konkurenčního Blu-ray, kdy je zde využito modrého laserového paprsku s kratší vlnovou délkou než je tomu u červeného laseru u klasického DVD. Díky této technologii je docíleno hustšího záznamu dat na nosič. Na HD DVD disky je možné zaznamenat 15 GB (jednovrstvý, jednostranný disk) až 45GB (třívrstvý, jednostranný disk). V konceptu do budoucna bylo také u HD DVD počítáno s oboustranným diskem, kdy by bylo možné dosáhnout až 90GB dat. [20]

### **Obraz a zvuk na HD DVD**

Ke kompresi obrazu je zde možné použít celou řadu kompresních algoritmů, z nich nejznámější jsou MPEG-2, který byl již aplikován u DVD-Video disků. Dále zde bylo počítáno s použitím WMV9 (VC-1) komprese, která byla vyvinuta společností Microsoft. Největší naděje se u tohoto formátu vkládaly do MPEG4 AVC (H.264), který se v současné době řadí mezi jedny z nejdokonalejších kompresí. Potřebuje poměrně malý datový tok pro obraz bez tzv. artefaktů či degradace kvality. Navíc je H.264 schválen pro další generaci vysílání v DVB-S2 (satelitní vysílání) a HDTV. Z hlediska komprese zvuku, zde bylo využito v počátcích MPEG-1 layer 2, později zde bylo využito komprese EAC3 (Dolby Digital +), která nabízí datový tok až do 3 Mbit/s a nabízí podporu více zvukovým kanálům (až 13 + 1). Mimo jiné se zde počítalo také s využitím 100% bezztrátového Dolby TrueHD, který nabízí použití více než 16 kanálového zvuku. V současné době je výrobci propagován více Blue.Ray oproti HD DVD, který se tím dostává více na pozadí, i když jeho náklady na výrobu HD DVD disku jsou levnější než u klasického DVD disku [21]. V roce 2008 ukončila podporu tohoto formátu ve svých výrobcích také společnost Toshiba, která stála u zrodu samotné HD DVD technologie. Od tohoto roku se konkurenční Blu-ray stává postupným nástupcem DVD.

### 6.1.6 Video na Blu-ray disku

Technologie Blu-ray disku je obdobná, jako je tomu u HD DVD, kdy je zde využito modrého laseru pro čtení s kratší vlnovou délkou (405nm). Průměr Blu-ray disku je stejný jako u standardního CD a DVD, tedy 12cm. Blu-ray disky disponují kapacitou záznamu od 25GB (jednovrstvé) až po 50GB (dvouvrstvé). Podle koncepce zveřejněné tvůrci dané technologie (Sony, Philips) bude do budoucna umožněn zápis až do 12 vrstev, který by přinesl kapacitu záznamu Blu-ray disku 300GB. Na Blu-ray disku mohou být jednotlivé snímky videozáznamu uloženy v HD rozlišení 1280×720 (720p) popřípadě 1920×1080 (1080i/p). Písmenka v závorkách označují prokládaný (i) a neprokládaný (p) obraz. Díky tomuto vysokému rozlišení obsahuje video na Blu-ray mnohem více detailů oproti klasickému PAL / NTSC, což se projeví zejména u větších úhlopříček (nad 100cm) přirozenějším obrazem oproti standardnímu rozlišení. Daná situace je znázorněna na obrázku níže (Obr.15).



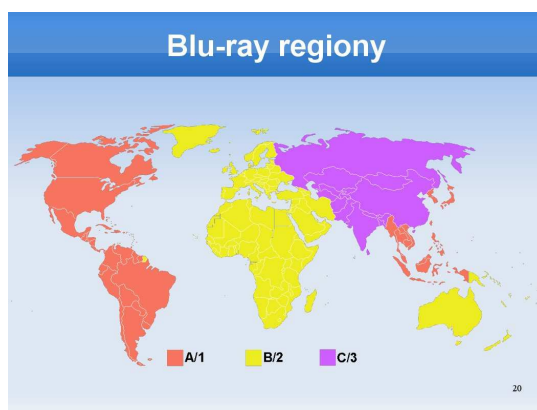
Obr. 15 – HD versus standardní rozlišení obrazu. Zdroj: [21]

### Obraz a zvuk na Blu-ray

Pro kompresi obrazu se u Blu-ray disků používají tři typy kompresních standardů. Mezi tyto standardy patří stejně jako u předchůdců MPEG-2, který byl zejména používán v prvních verzích Blu-ray disků a postupně byl nahrazen H.264 někdy také známým pod označením MPEG-4 AVC, který je nástupcem velmi rozšířeného kompresního standardu MPEG4-ASP. Dalším zde používaným kompresním standardem je SMPTE VC-1, založený na Microsoft Windows Media Video (WMV) technologii. Tyto dva kompresní standardy dosahují pomocí pokročilých metod komprese vysoké kvality obrazu, která je vykoupena vyšší výpočetní náročností, kdy například pro plynulé přehrávání full HD videa na PC je doporučováno jako minimum 2GHz, dvoujádrové CPU. Z hlediska zvuku Blu-ray nabízí oproti klasickému DVD-Video, podporu až osmi zvukových kanálů. Kromě bezztrátových formátů zvuku v podobě PCM se zde používají také moderní kompresní formáty v podobě Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD, DTS Digital Surround a DTS-HD. [21]

## Blu-ray regiony

Blu-ray regiony mají stejný význam jako DVD regiony, tedy poskytují ochranu před nelegálním kopírováním a šířením záznamu. Blu-ray regiony mají poskytovat vyšší zabezpečení oproti DVD regionům, ale v současné době jsou již zmínky o prolomení této ochrany i u Blu-ray. Jednotlivé regiony jsou znázorněné na obrázku Obr.16.



Obr. 16 – Blu-ray regiony. Zdroj: [21]

A/1 – Amerika, Japonsko, Severní Korea a Jižní Korea, Taiwan, jihovýchodní Asie

B/2 – Evropa, Afrika, Austrálie, Nový Zéland, Saúdská Arábie a Blízký Východ

C/3 – Indie, Rusko, střední a jižní Asie

## Interaktivita Blu-ray

Blu-ray video disky disponují také interaktivní technologií založenou na programovacím jazyku Java, kdy pomocí naprogramovaného kódu, který je zpracováván přímo přehrávačem, který ho musí podporovat, je možné realizovat například interaktivní rozhovory, kvízy, hry apod. Moderní Blu-ray přehrávače, které obsahují dva video dekodéry, umožňují přehrání videa v režimu obraz v obraze. Obraz v obraze nám umožňuje sledovat film na pozadí a v popředí sledovat například reportáž o natáčení daného filmu. Další nově zakomponovanou funkcí do Blu-ray, je možnost interaktivity uživatele disku s prostředím internetu, odkud je možné stahovat například bonusová videa a fotky k danému video titulu.

## 6.2 On-line video

Další možností přenosu videa k uživateli je online přenos, který se rozmohl díky technologickému rozvoji a popularitě Internetu, jež se stal zejména v posledních letech jedním z hlavních fenoménů současné doby. Internet představuje v současné době velice silný a vysoce interaktivní prostředí, které je schopné oslovit miliony lidí, kdykoliv a kdekoliv na celém světě. Z tohoto důvodu se stal současný Internet velice používaným nástrojem pro

sdílení videa skrze toto médium. Hlavním a populárním nástrojem v této oblasti se nyní stala technologie nazvaná streaming.

### **6.2.1 Streaming**

Pojem streaming (proudování) je technologií kontinuálního přenosu audiovizuálního materiálu mezi zdrojem a koncovým uživatelem. V oblasti přenosu audiovizuálních dat v prostředí internetu mluvíme o takzvaném webcastingu. Počátky streamingu se datují k roku 1995, kdy prvním široce dostupným streamingovým přehrávačem byl RealPlayer od společnosti RealNetwork. Hlavním cílem streamingu je dosažení plynulého online přehrávání audiovizuálního obsahu prostřednictvím Internetu. Ještě v nedávné době bylo nutné před samotným shlédnutím videa toto video stáhnout celé na pevný disk počítače. Oproti tomuto při využití streamingu jsou soubory uložené na speciálních streamovacích serverech a při žádosti o přehrání daného záznamu je počáteční část uložena do vyrovnávací paměti počítače (bufferu). Po krátkém zpoždění, které se v současné době pohybuje v řádu sekund, se začne daný záznam přehrávat. Zbývající část souboru se záznamem se postupně ukládá do vyrovnávací paměti během přehrávání aktuální části záznamu. Při využití streamingu tedy nemá uživatel v žádném časovém okamžiku k dispozici kompletní přehrávaný záznam. Nejběžnějším formátem streamovaného videa je formát Real Media a Microsoft Streaming Media. Streaming dělíme na dvě základní skupiny, a to na skupinu přímého přenosu (realtime přenos) a skupinu pro archivaci záznamu (Video on demand).

### **6.2.2 Přímý přenos**

Při přímém (živém) přenosu je videosignál přenášen v reálném čase z vysílacího střediska směrem k uživateli. Nejčastějším typem těchto přenosů jsou významné sportovní, vědecké, popřípadě kulturní akce. Tento typ přenosu je nejlépe přirovnatelný k televiznímu vysílání, ale oproti klasickému televiznímu vysílání se na něj stahují jiná vysílací práva, proto například v České republice umožňují neomezený živý televizní přenos pouze stanice ČT24 a hudební stanice Óčko.

### **6.2.3 Video on Demand (VoD)**

Video on Demand, neboli video na vyžádání, představuje službu poskytující stažení a prohlížení videa z videoarchivu v době, kterou si zvolí uživatel sám. VoD je založen na principu archivního streamingu a je nedílnou součástí moderních internetových prezentací. Při přehrávání záznamu si klient sám vybírá, který video příspěvek (reportáže, filmy, videoklipy atd.) si chce, bez nutnosti jeho stažení do počítače, přehrát. Některé video příspěvky jsou

zdarma a některé jsou přístupné jen autorizovaným uživatelům, například po zaplacení příslušného poplatku pomocí SMS zprávy. Oproti přímému přenosu je možné video příspěvek spustit například od půlky záznamu. Nejběžnějším způsobem komprese u VoD je MPEG-2, MPEG-4 a VC-1 komprese. Typickým představitelem VoD je server YouTube, na kterém jsou zdarma uloženy milióny videí z celého světa od široké veřejnosti až po jednotlivé hudební skupiny. Z českých představitelů by sem patřil například server Stream.cz.

#### **6.2.4 Videokonference**

Pojmem videokonference označujeme moderní způsob multimediální komunikace, která umožňuje současný přenos zvuku, obrazu a dat mezi jednotlivými účastníky videokonference. Tento typ komunikace je rozšířen zejména v moderních společnostech, které ji využívají pro firemní komunikaci mezi vedením a zaměstnanci, kteří jsou od sebe geograficky vzdáleni. Díky tomuto způsobu komunikace je společnost schopna snížit svoje náklady zejména v oblasti cestovních nákladů a zvýšit produktivitu svých zaměstnanců díky úspoře času. Komunikace prostřednictvím videokonferencí nachází stále větší uplatnění a oblibu v různých oblastech lidské společnosti. Z počátku vývoje byl v oblasti videokonference kladen hlavní důraz na kvalitu zvuku a video zde tvořilo pouze doplňkovou složku. S postupem času byly kladeny požadavky na synchronizaci obrazu a zvuku spolu s požadavkem na možnost použití sdílené tabule mezi jednotlivými účastníky videokonference. V současné době, díky dostupnosti rychlejších a spolehlivějších sítí spolu s vývojem moderních kompresních algoritmů, umožňují současné sítě přenášet videokonference ve vysokém rozlišení obrazu. V oblasti videokonferencí existuje celá řada standardů, kde jednotlivé standardy zahrnují způsob digitalizace a komprese zvuku a obrazu, přenosu dat v určitém typu datové sítě, komunikaci mezi jednotlivými koncovými zařízeními apod. Mezi jeden z novějších komprimačních standardů v IP videokonferenci by se dal zařadit komprimační standard z rodiny MPEG-4, kterým je H.264 SVC (Scalable Video Coding), který je nástupcem standardu H.263. Jedná se o první adaptabilní kodek, pro přenos videa od kamer ke koncovým bodům, kde jsou kladeny různé požadavky jak na obrazovou frekvenci, tak i na rozlišení obrazu. Zařízení vybavené touto technologií přenosu by mělo v reálném čase měřit zpoždění a ztrátovost paketů a v důsledku toho snižovat nebo zvyšovat nároky video streamu na danou síť. Samotné videokonferenční spojení mezi jednotlivými účastníky lze navázat jako point-to-point (bod-bod), které se uskutečňuje pomocí vlastních videokonferenčních zařízení navzájem nebo pomocí vícebodového spojení (multipoint) pomocí serverů, které jsou vyráběny v různých technických provedení podle přenosového prostředí, pro které jsou určeny.



### 6.2.5 Video download

Video download, neboli stažení videa, je další formou šíření videa prostřednictvím internetu. Typickým příkladem tohoto způsobu šíření videa jsou internetové videopůjčovny. Princip internetové videopůjčovny je založen na obdobném principu, jako u kamenné videopůjčovny, s tím rozdílem, že se pro daný titul nemusí chodit, ale stáhne si ho z pohodlí domova. Princip vypůjčky probíhá v několika krocích. Nejprve se uživatel zaregistruje v internetové videopůjčovně, kde si následně vybere požadovaný titul, který chce shlédnout. Poté zaplatí příslušný poplatek za vypůjčení, nejčastěji formou SMS popřípadě pomocí platební karty a následně si daný titul stáhne k sobě na pevný disk počítače. Některé internetové videopůjčovny nabízejí v současné době také možnost přehrání (streaming) titulu bez jeho celého stahování. K samotnému přehrání titulu je ve většině případů potřeba Windows Media Player, neboť většina titulů v internetových videopůjčovnách je ve formátu WMV (Windows Media Video) s DRM ochranou. Jejím úkolem je zajistit užívání obsahu v souladu s autorským zákonem a licenčními podmínkami, které se vztahují k danému obsahu. DRM v tomto případě zabezpečuje omezení počtu nebo času na přehrání vypůjčeného titulu. Standardní doba vypůjčky se pohybuje od jednoho do tří dnů a cena je zde již od 19Kč za shlédnutí jednoho titulu. Mezi nejznámější české internetové videopůjčovny patří Kinomania.cz, Topfun.cz, O2-TV.cz (dříve Starzone.cz) a donedávna také videopůjčovna České televize, která k 17. 12. 2009 ukončila svůj provoz. [23]

## **7 Výběr a testování vhodného formátu videa**

V této části diplomové práci se budu zabývat praktickou oblastí, kdy provedu testování a prezentaci jednotlivých formátů na základě zvolených vlastních subjektivních a objektivních testů, které jsou blíže popsány níže v podkapitolách 7.4 - Subjektivní testování a 7.5 - Objektivní testování. Pro testování jsem zvolil nejznámější a v současné době nejpoužívanější kodeky, zejména kodeky založené na MPEG-4 standardu. Jednotlivé testy budou prováděny na videosekvenci v HD rozlišení, která pro toto testování bude považována za vysoce kvalitní. Jednotlivé výsledky budou poté porovnávány křížovým porovnáváním mezi subjektivními a objektivními výsledky této analýzy. Velikost a rozsah provedeného testování byl omezen technickými možnostmi a dostupnými neplacenými softwarovými nástroji.

### **7.1 Osobní počítač použitý pro zpracování videosekvence**

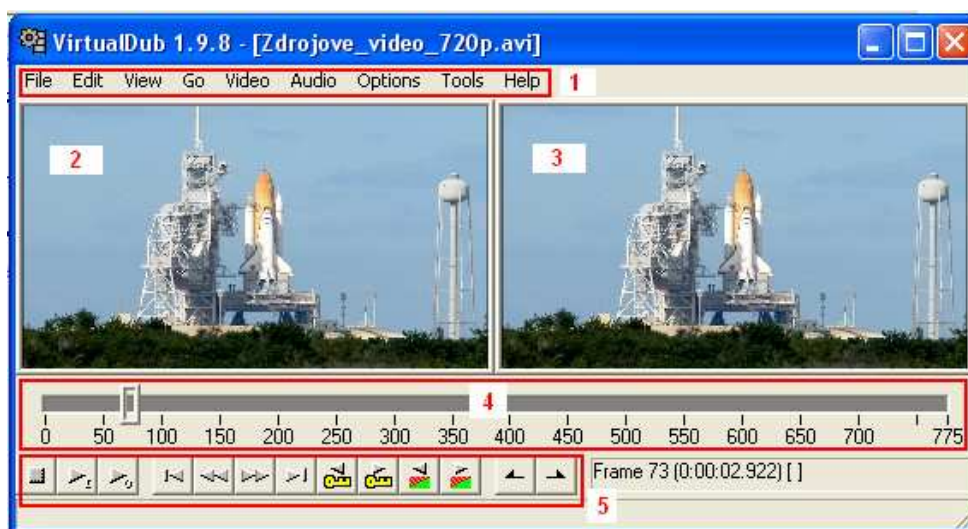
Pro úpravu vstupní videosekvence a následné testování kodeků byl použit osobní stolní počítač (PC) :

- CPU - Intel Pentium 4 – 2,4GHz
- RAM – DDR1, 2GB
- HDD - 160GB Seagate, 7200 rpm
- grafická karta - NVIDIA GeForce FX5600XT, 128 MB RAM
- operační systém – Microsoft Windows XP Professional
- Použitý software pro zpracování videosekvence :
  - Avidemux 2.5 – použitý pro konverzi mezi kontejnery
  - Combined Community Codec Pack (CCCP) – balíček kodeků
  - Overload Monitor 3.2 – monitoring zatížení CPU
  - Virtual Dub 1.9.8 – použitý pro střih a kompresi videosekvence

### **7.2 Úprava a parametry vstupního testovacího videa**

Jako zdrojové video bylo zvoleno z hlediska složitosti scén velice rozmanité HD video, obsahující jak statické, tak i velmi dynamické scény (start raketoplánu Atlantis), které jsou z hlediska zpracování kodeky velice náročné (oheň, oblaka kouře, atd.) Autorem tohoto videa je Národní úřad pro letectví a kosmonautiku Spojených států amerických (NASA) [24]. Toto video je volně použitelné k nekomerčním, zejména studijním účelům. Video zachycuje start vesmírného raketoplánu Atlantis dne 12. prosince 2009 z Kennedyho vesmírného střediska na Mysu Canaveral, kdy účelem této mise bylo dopravit podpurný materiál na

Mezinárodní vesmírnou stanicí (ISS). Původní zdrojové video v délce 2min a 38s o velikosti 110MB bylo uloženo v multimediálním kontejneru MOV od společnosti Apple s použitým kodekem Sorenson 3 od společnosti Sorenson Media. Z důvodu malého množství editačního softwaru, který by dokázal z daným kontejnerem pracovat, byla provedena konverze tohoto formátu MOV do kontejneru AVI, který je podporován širokou škálou softwaru zaměřeného na video. Ke konverzi byl použit velice oblíbený multiplatformní editační nástroj pro střih a konverzi videa Avidemux 2.5, šířený zcela zdarma pod GNU GPL licencí. Jednou z hlavních výhod tohoto software je možnost střihu bez nutnosti opětovné komprese videa nebo zvuku. Navíc tento software podporuje širokou škálu video formátů. Kromě změny kontejneru daného videa bylo provedeno zkrácení zdrojového videa z původních 2min a 38s na délku 31s. Pro toto zkrácení byl použit editační nástroj Virtual Dub 1.9.8, kdy výsledná videosekvence byla opět uložena bez dekomprese v AVI kontejneru. Na následujících obrázcích je ukázka práce v prostředí Virtual Dub.



**Obr. 17 - Základní prostředí Virtual Dub 1.9.8. Zdroj: [vlastní]**

Obr. 17 představuje základní prostředí Virtual Dub 1.9.8, kdy číslem 1 je označeno kontextové menu, které poskytuje přístup k otevírání, ukládání a podrobnému nastavování jednotlivých parametrů videa včetně výběru kodeku, který se použije pro kompresi vstupního video souboru. Výběr kodeku pro kompresi je použit při samotném testování jednotlivých formátů. V této fázi přípravy videosekvence pro testování nebyl vybrán žádný kodek. Bylo zde využito funkce Direct stream copy z menu video, neboli zpracování vstupního videa bez rekomprese. Číslem 2 je označeno tzv. náhledové okno vstupního videa a číslem 3 pak náhledové okno výstupního videa s navolenými parametry. Časová osa označená číslem 4, vyjádřená ve snímcích slouží k pohybu v dané videosekvenci. Číslo 5 označuje tlačítka sloužící jednak ke klasickému přehrávání videa, dále pak pro skok na začátek nebo konec

scény na základě detekce velkých změn v charakteru zpracovávaných snímků, a tlačítka sloužící pro označení intervalu, na kterém chceme pracovat. V následující tabulce jsou zobrazeny parametry výsledného vstupního videa, které bylo použito pro testování.

<b>Zdrojové video</b>	
<b>Název</b>	Zdrojove_video_720p.avi
<b>Formát kontejneru</b>	AVI
<b>Kodér videa</b>	Sorenson 3
<b>Velikost</b>	30,7 MB
<b>Délka</b>	31 s
<b>Barevná hloubka</b>	24 bit
<b>Rozlišení</b>	1280x720
<b>Počet snímků</b>	775
<b>Datový tok video stopy</b>	8098 Kbps
<b>Počet snímků / s</b>	25 fps
<b>Datum vytvoření</b>	8.4.2010
<b>Kodér audia</b>	MPEG audio layer-3
<b>Datový tok audio stopy</b>	192 Kbps

Tabulka 1 – Parametry vstupního HD videa. Zdroj: [vlastní]

### **7.3 Analýza na High-Definition videosekvenci**

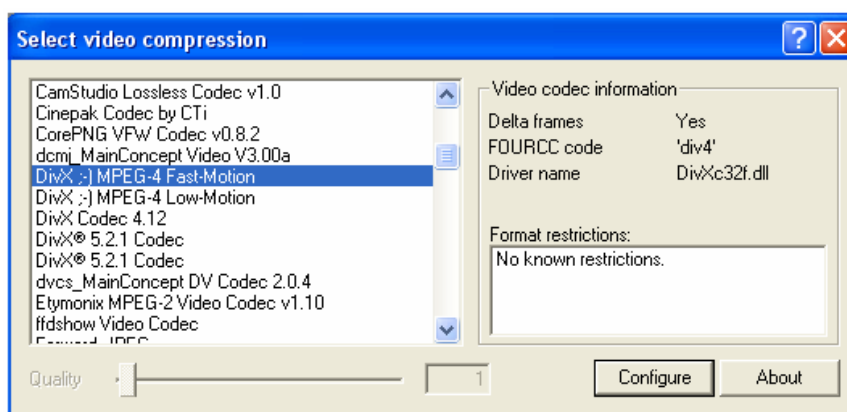
V této části diplomové práce bude provedena analýza testování videosekvence ve vysokém rozlišení. Pro toto testování jsem zvolil nejznámější a nejpoužívanější ztrátové formáty, které jsou v současné době dostupné na trhu. Kromě novějších ztrátových formátů jsem provedl testování a porovnání též na starších kodérech, aby bylo možné porovnat rozdíly ve vývoji jednotlivých komprimačních formátů, zejména ve výsledné úspoře místa a kvalitě obrazu. Pro testování byly kromě ztrátových kodeků použity i „bezztrátové“ kodeky pro ukázkou, která má posloužit k důkazu reálné potřeby komprimace videa. Při kompresi videosekvence pro subjektivní a objektivní testování byl využit pro většinu testování softwarový nástroj Virtual Dub 1.9.8. Výjimku tvořily formáty Windows Media Video 9, pro který byl použit nástroj Windows media encoder 9 od společnosti Microsoft a pro kompresní formát Real Video 9 byl použit nástroj Real Producer 13.1.1 od společnosti Real Network. Nastavení jednotlivých kodérů bylo voleno s ohledem na zachování podobnosti nastavení s ostatními kodéry. Jednalo se převážně o nastavení datového toku a počtu průchodového kódování. Původní audio stopa ze zdrojového videa byla vždy při kódování ve Virtual Dub 1.9.8 ponechána bez rekomprese, tzv. byl nastaven audio direct stream copy. Cílem tohoto testování je získat reálné hodnoty jednotlivých kompresních formátů pro danou vstupní videosekvenci a na základě získaných výsledků provést vzájemné porovnání zejména vůči zdrojové videosekvenci a možnosti oblasti využití daného kompresního formátu. Jednotlivé

výsledky testů jsou uvedeny v podkapitolách níže. Otestovány budou následující kodeky uvedené v tabulce:

Index	Název kodeku	Index	Název kodeku
1	DivX 3.11 Fast Motion	10	Windows Media Video 9
2	DivX 3.11 Low Motion	11	Xvid
3	DivX 5.2.1	12	Cinepak 1.1
4	DivX 6.9.8	13	Huffyuv 2.1.1
5	H.263+	14	Indeo Video 5.1
6	H.264	15	Microsoft Video 1
7	MPEG-2	16	MJPEG
8	Real Video 9	17	RAW
9	On2 - VP6		

**Tabulka 2 – Testované kodeky. Zdroj: [vlastní]**

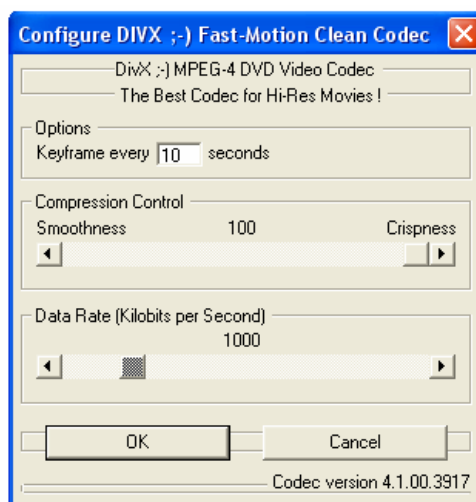
Postup v prostředí Virtual Dub pro nastavení požadované výstupní komprimace videosekvence pomocí testovaného kodeku se provádí pomocí hlavní kontextové lišty, kde samotné načtení vstupní videosekvence se provede prostřednictvím menu / File a následným zvolením podmenu Open video file, pomocí něhož vybereme vstupní (zdrojové) video pro komprimaci. Po načtení vstupu následuje výběr a nastavení jednotlivých kodeků. Nastavení kodeku pro audio stopu se provádí v menu Audio a následným zvolením Compression. V této analýze bylo audio necháno v původním formátu, kdy pro testování video kodérů bylo audio nastaveno ve Virtual Dub na Direct stream copy (bez dekomprese). Video komprese byla nastavována v menu Video, kde byla zvolena položka Compression a následně byl vybrán požadovaný kodek pro kompresi. Na následujícím obrázku (Obr.18) je možné vidět prostředí pro výběr kodeku ve Virtual Dub 1.9.8.



**Obr. 18 – Prostředí pro výběr kodeku. Zdroj: [vlastní]**

V pravém horním rohu je zobrazena informace o použitém kodeku, kdy FOURCC představuje čtyřbajtový identifikátor pro označení kodeku. Pomocí tohoto identifikátoru přehrávač pozná, jaký dekodér pro přehrávání videosekvence má být použit. Na následujícím

obrázku (Obr.19) je znázorněno detailnější nastavení pro DivX 3.11 ;- ) Alpha kodek ve verzi Fast Motion.



**Obr. 19 – Nastavení parametrů komprimace. Zdroj: [vlastní]**

V horní části obrázku (Obr.19) označené jako Options, je možné nastavit hodnotu klíčových snímků (KeyFrame), kdy tato hodnota nám určuje, jak často se budou ve výsledné videosekvenci vkládat klíčové snímky, které nepotřebují pro dekomprimaci předcházející snímky. Čím větší interval zvolíme, tím delší bude i přetáčení výsledné videosekvence. Snížením této hodnoty bude přetáčení rychlejší, ale zvýší se tím datový tok. V našem případě byla tato hodnota nastavena na 10s. Další nastavitelnou položkou je kompresní kontrola (compression control), pomocí které se nastavuje, na co bude při kompresi brán větší ohled, zda-li na kvalitu obrazu nebo na plynulost scén u méně výkonných počítačů. V tomto případě byl brán hlavní ohled na kvalitu a tato hodnota byla nastavena na 100. Poslední nastavitelnou položkou u tohoto kodéru je datový tok (Data Rate). Tato položka nám nepřímo ovlivňuje velikost výsledné videosekvence a zejména také její výslednou kvalitu. Nastavením této hodnoty nedojde k nastavení pevného datového toku pro celou videosekvenci, ale k nastavení střední průměrné hodnoty pro algoritmus kompilátoru. Jednotlivé nastavení pro ostatní kodéry je méně či více podobné, liší se zejména parametry, které je možné u daného kodéru nastavit. U komerčních kodérů, jako je například DivX 5.2.1 je toto podrobnější nastavení v neplacené verzi omezeno pouze na základní nastavení. Jednotlivé nastavení kodérů pro testování je uloženo v adresáři Printscreen na DVD disku přiloženém u této diplomové práce.

## **7.4 Subjektivní (vizuální) testování**

V současné době k ohodnocení výsledné kvality videa používáme dvě skupiny testů, a to subjektivní neboli vizuální a objektivní. Subjektivní hodnocení je založeno na

ohodnocení kvality videa jedincem (Single Stimulus) nebo skupinou pozorovatelů (Multiple Stimulus). V této diplomové práci budu hodnocení provádět sám, tedy provedu Single Stimulus test. Na základě parametrů tohoto testu, které jsou specifikované v normě ITU-R BT.500, jsem si pro subjektivní ohodnocení zvolil pozorování kvality zdrojového obrazu videosekvence s porovnáním obrazu videosekvence s komprimovaným obrazem daným kodekem, kde ohodnocuji výslednou kvalitu obrazu a jeho plynulost. Pro lepší zachycení detailů, a tím pádem i pro přesnější ohodnocení, byl obraz promítán na plazmové televizi s úhlopříčkou 127cm, kdy sebemenší vada, která by se na běžném monitoru stolního počítače dala lehce přehlédnout, byla na takto velké ploše dobře identifikovatelná. Pro ohodnocení jsem si zvolil čtyřstupňovou stupnici, uvedenou v tabulce 3.

Stupnice porovnání videosekvence na základě zhoršení kvality a plynulosti		
Kvalita (KO)	Plynulost (PO)	Hodnota
výborná	nevnímatelné	1
dobrá	vnímatelné	2
horší	znatelné	3
špatná	velmi znatelné	4

Tabulka 3 - Stupnice porovnání kvality a plynulosti obrazu videosekvence. Zdroj: [vlastní]

## 7.5 Objektivní testování

Pro objektivní testování kvality daného videa, existuje, stejně jako pro subjektivní testování, celá řada možností, jak dané video testovat. V tomto případě je analýza testovaného videa zpracovávána v prostředí programu Microsoft Excel. Výsledky objektivního testování jsou poté pomocí křížového porovnání srovnávány s výsledky, které byly získány během subjektivního testování. Pro objektivní testování jsem použil, stejně jako u subjektivního testování testy, kde porovnávám testované (komprimované) video vzhledem ke zdrojovému.

Výsledky měření jsou poté pro lepší grafické znázornění zprůměrovány aritmetickým průměrem. Pro objektivní testování videosekvence jsem použil následující testy, kde testuji :

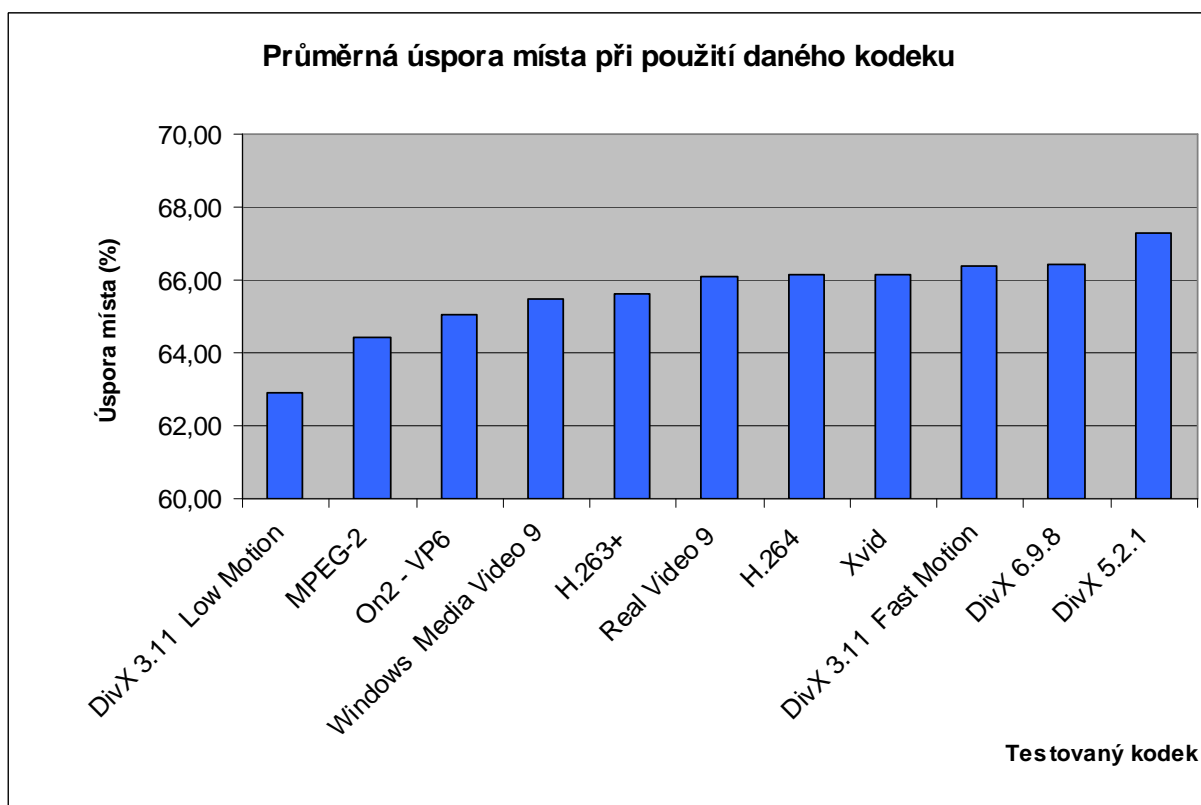
- komprimační poměr (KP) ovlivňující výslednou velikost videa, kde  

$$KP = \text{velikost původní videosekvence} / \text{velikost komprimované videosekvence}$$
- úsporu místa vyjádřenou vztahem (UM), kde  

$$UM = (1 - 1 / KP) * 100$$
- čas potřebný ke komprimaci (TC)
- zatížení procesoru při komprimaci (COD)
- zatížení procesoru při přehrávání (DEC)

## 8 Výsledky objektivního a subjektivního testování

Na základě výsledků objektivního testování uvedeného spolu s výsledky subjektivního testování v příloze A a B, bylo jako první provedeno vyhodnocení pořadí nejznámějších a nejpoužívanějších ztrátových kodeků z hlediska výsledné velikosti komprimačního poměru zdrojové videosekvence, který je ovlivněn volbou kompresního algoritmu i typem komprimovaných dat a zároveň nám poskytne informace o dané úspoře místa. V následujícím grafu 1 je vyobrazeno výsledné umístění jednotlivých testovaných ztrátových kodeků podle průměrné úspory místa, seřazené vzestupně, oproti zdrojové testované videosekvenci.

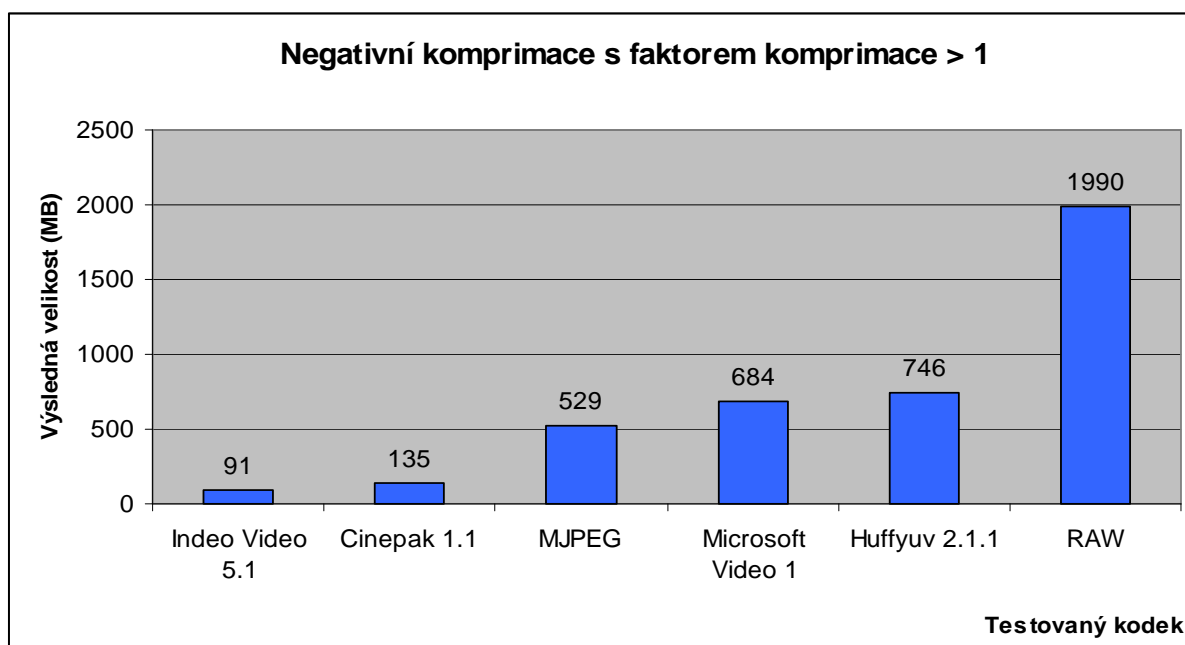


Graf 1 – Výsledné pořadí ztrátových kodeků podle průměrné úspory místa. Zdroj: [vlastní]

Z výše uvedeného grafu 1 vyplývá, že nejhorší umístění v tomto testu obsadil kodek DivX 3.11 Low Motion, který oproti verzi Fast Motion nedosahoval takového komprimačního poměru, ale oproti němu lépe dodržel nastavený datový tok a z hlediska subjektivního porovnání poskytl kvalitnější obraz. Druhým nejhorším v tomto testu dopadl MPEG-2, který sice vykazoval hned po DivX Low Motion nejmenší úsporu místa, ale na druhou stranu tento propad dohnal svoji kvalitou obrazu ve vyšších datových tocích, kde je ho nejvíce v praxi používáno, zejména v oblasti vysoce kvalitního digitálního videa a digitální high-definition TV. Následkem vyšší kvality obrazu MPEG-2 je nižší komprese tohoto standardu.



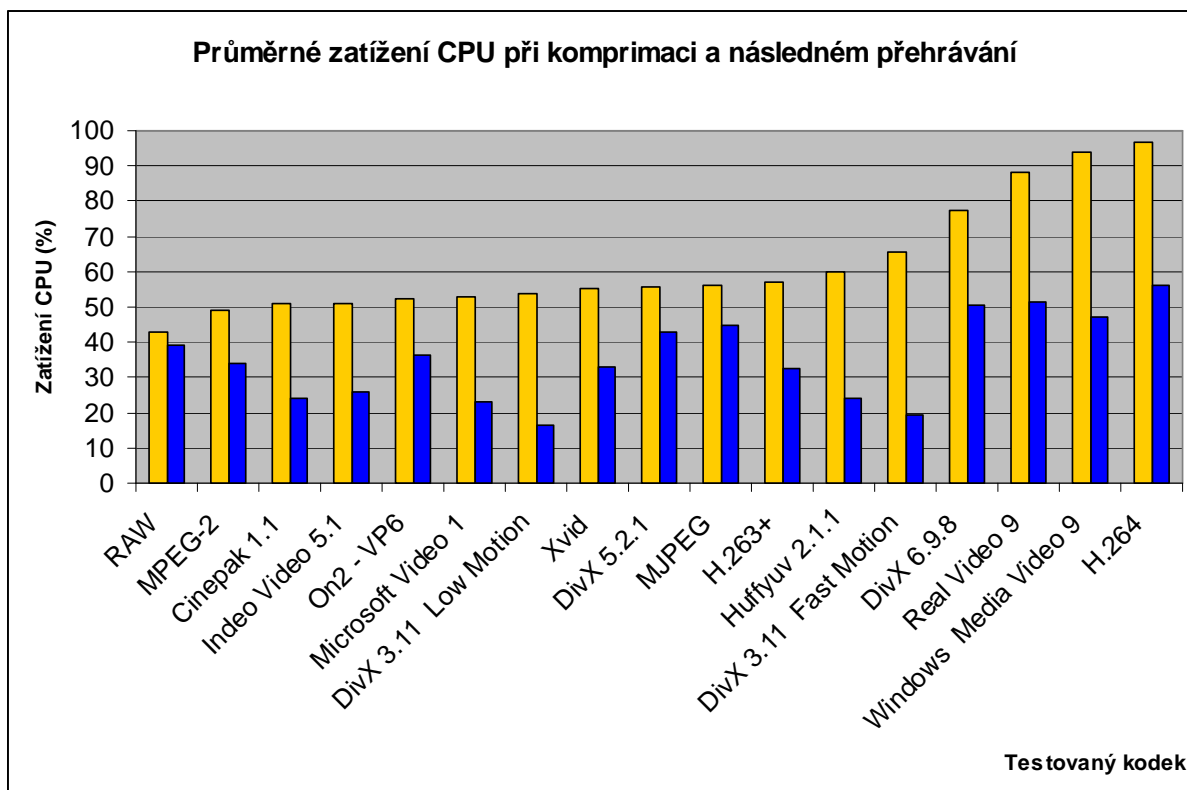
Naopak nejlepších výsledků v tomto testu dosáhly kodeky DivX 5.2.1 a DivX 6.9.8 založené na MPEG-4 standardu, s možností VKI (Variable Keyframe Insertion), neboli vkládání klíčových snímků, například na základě detekce změny dané scény. Dobré umístění v tomto testu získal také jeden starší kodek DivX 3.11 Fast Motion, který v úseku scény s pomalým pohybem ubral datový tok a naopak v rychlejší scéně, reprezentované v našem případě letem raketoplánu, datový tok přidal, čímž mohl dosáhnout vyšší kvality obrazu. Tato kvalita se projevila zejména při použití vyššího datového toku. Zbývající kodeky dosáhly podobných výsledků úspory místa blížící se 66 % oproti zdrojové videosekvenci. Na následujícím grafu 2 je znázorněno výsledné pořadí pro „bezztrátové“ a pro výrazně se vychylující kodeky (Příloha B), které dosáhly hodnoty komprimačního faktoru, který je převrácenou hodnotou komprimačního poměru, větší jak jedna, kdy se jedná o tzv. negativní komprimaci. Do této skupiny patří zejména „bezztrátové“ kodeky Huffuyv 2.1.1 a RAW.



**Graf 2 – Negativní komprimace. Zdroj: [vlastní]**

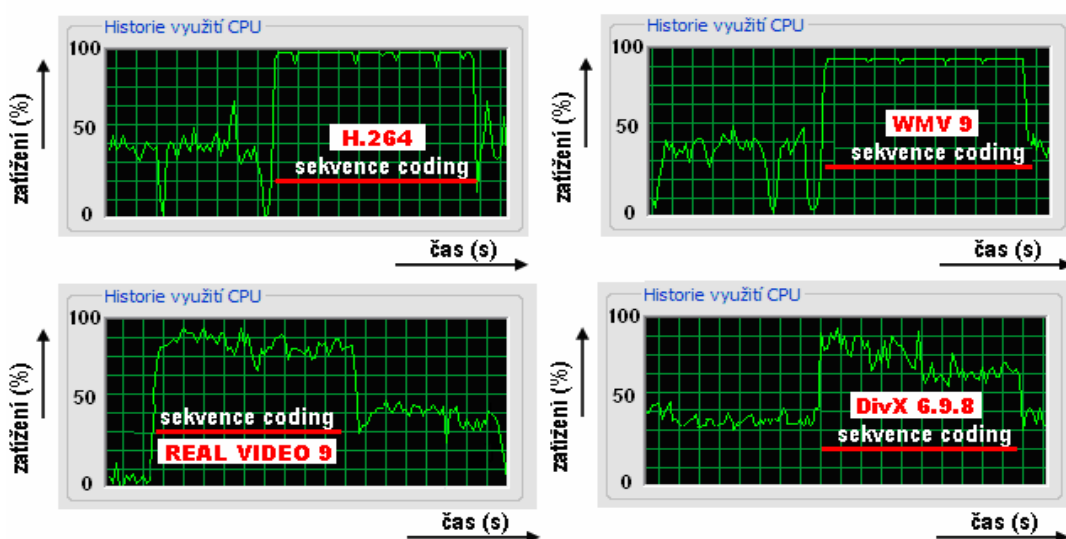
Skupina kodeků, znázorněná v grafu 2, vzhledem k ostatním, dosáhla záporné hodnoty kompresního poměru a tím pádem i nejmenší úspory místa. V případě komprimace pomocí Huffuyv 2.1.1 a RAW, kdy se jedná o „bezztrátovou“ podobu komprimace, obsadily tyto kodeky z hlediska objektivního testování komprimačního poměru, dosaženého na testované videosekvenci poslední umístění, kdy v případě Huffuyv 2.1.1 vznikla videosekvence o 715,3MB a v případě RAW dokonce o 1959,3MB větší než byla zdrojová. Tyto výsledky nám názorně ukázaly, jak je nezbytné používat pro běžné použití ztrátovou komprimaci. Jako třetí nejhorší z hlediska výsledné velikosti videosekvence, dopadl ztrátový kodek Microsoft Video 1, kdy na špatném výsledku se projevila zejména zastaralost jeho algoritmu. Z hlediska

zatížení CPU znázorněném na následujícím grafu 3, seřazeném vzestupně podle zatížení procesoru při komprimaci daným kodekem, obsadily poslední místa v tomto testu novější kodeky, které se projeví extrémním zatížením CPU v obou testech.



Graf 3 – Průměrné zatížení CPU při komprimaci. Zdroj: [vlastní]

K těmto kodekům patří H.264, při kterém bylo trvalé zatížení okolo 97%, Windows Media Video 9 s průměrným zatížením 94% a Real Video 9 s 88,5%. Čtvrtým nejhorším v tomto testu dopadl DivX 6.9.8 se 77,25% zatížením. Průběh zatížení CPU během komprimace těmito kodeky je zachycen na následujícím obrázku (Obr.20).



Obr. 20 – Zatížení CPU při komprimaci. Zdroj: [vlastní]

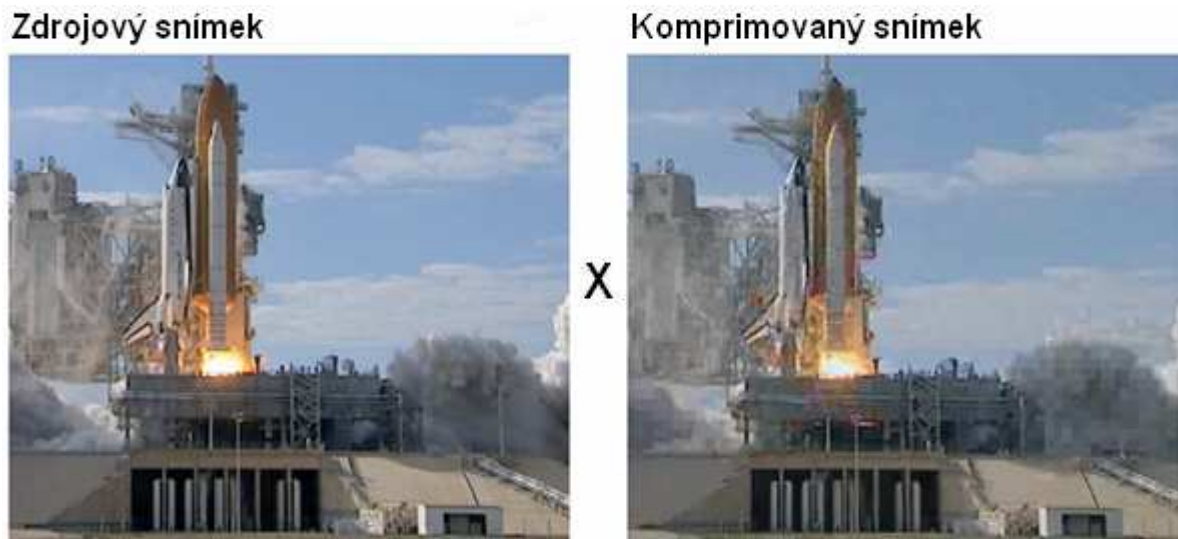
Při komprimaci těmito kodeky, zejména prvníma dvěma, byla veškerá další vykonávaná činnost na PC značně znemožněna. Z grafu 3 je dobře názorné, jaké jsou v současné době kladeny vysoké hardwarové nároky při použití novějších kodeků. Obdobného výsledku zatížení CPU bylo dosaženo i při následném přehrávání komprimované videosekvence těmito novějšími kodeky. Naopak bezztrátový RAW dopadl oproti předcházejícímu testu z hlediska těchto dvou testů velice dobře. S nejlepším výsledkem, tedy nejmenším zatížením CPU při přehrávání, se umístily velice populární kodeky DivX 3.11 Low Motion, který využívá konstantního datového toku a Fast Motion, které se svojí průměrnou hodnotou 16,5% a 19,5% obsadily první a druhé místo v tomto testu. Dalším objektivní testem provedeným v této diplomové práci bylo posouzení délky komprimace zdrojové videosekvence z hlediska času, kdy výsledné umístění od nejlepšího výsledku po nejhorší je zaznamenáno v následující tabulce 4.

Umístění	Název kodeku	Průměrný čas komprimace (min:sek)
1	Cinepak 1.1	0:37
2	DivX 3.11 Low Motion	0:38
3	DivX 3.11 Fast Motion	0:39
4	MPEG-2	1:03
5	Real Video 9	1:16
6	DivX 5.2.1	1:25
7	DivX 6.9.8	1:32
8	RAW	1:34
9	Huffyuv 2.1.1	1:42
10	Xvid	1:51
11	MJPEG	2:32
12	H.263+	3:18
13	Microsoft Video 1	5:08
14	Windows Media Video 9	6:02
15	Indeo Video 5.1	9:42
16	On2 - VP6	10:00
17	H.264	13:25

**Tabulka 4 – Umístění jednotlivých kodeků z hlediska času potřebného pro komprimaci. Zdroj: [vlastní]**

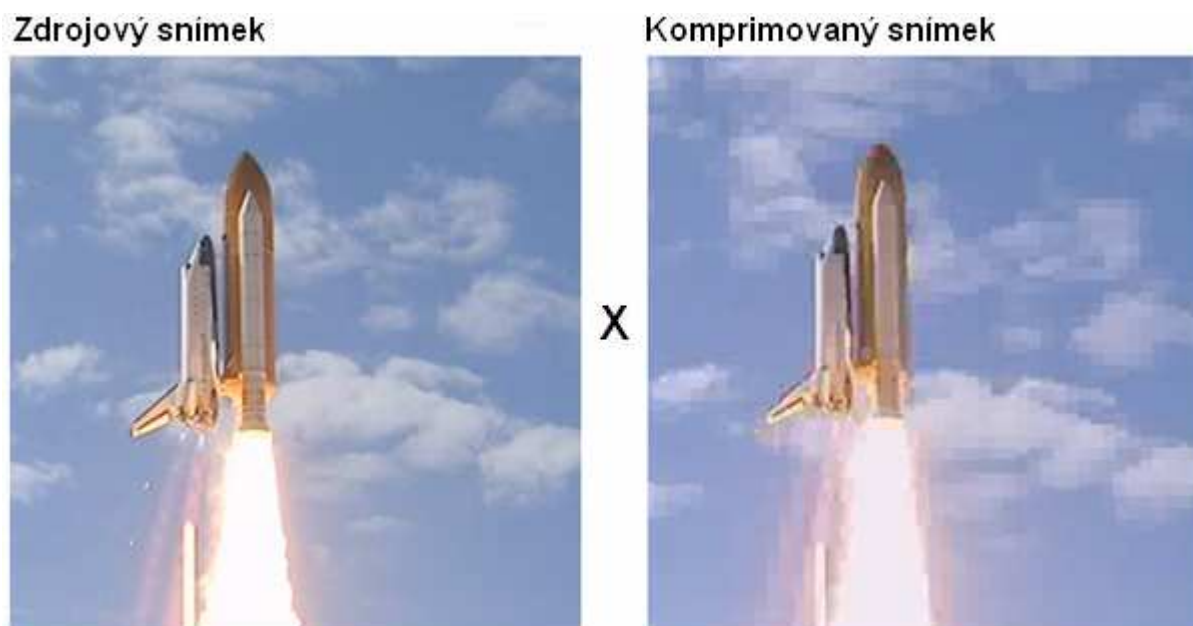
Po objektivním testování následovalo subjektivní ohodnocení jednotlivých výsledků komprimace, kdy byla porovnávána zdrojová HD videosekvence se sekvencí vzniklou po komprimaci daným kodekem. V rámci subjektivního porovnání jednotlivých výsledků pro kodeky nastavené na vyšší datový tok (3000-6000 kbps) nebyly mezi testovanými kodeky výrazné rozdíly v kvalitě a plynulosti obrazu. Největší rozdíly v kvalitě a plynulosti mezi zdrojovou a komprimovanou videosekvencí byly v rámci nastavení kodeků pro nižší datový tok (500-1000 kbps), kdy nejhorších výsledků bylo dosaženo po komprimaci s kodeky Xvid, H.263+, DivX 3.11 Fast Motion a kodekem Cinepak, který i přes nastavenou 100% kvalitu obrazu při komprimaci dosáhl jedněch z nejhorších výsledků. V případě Xvid se jednalo

o rozpadání obrazu spojeným s kostičkováním obrazu spolu s přílišnou tendencí daného algoritmu zakrýt nedostatky vyhlazováním obrazu, zejména v dynamickém úseku dané scény. Na následujícím obrázku (Obr.21) je zachycen snímek, na kterém jsou dobře patrné tyto nedostatky.



**Obr. 21 – Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí Xvid. Zdroj: [24]**

Na komprimovaném snímku vpravo je v oblasti kouře daný nedostatek dobře patrný, a naopak ve statictějších částech scény v podobě oblohy, nebyly tyto nedostatky tak patrné a kodek si zde zachovával svoji kvalitu. Druhý nejhorší výsledek byl dosažen při použití kodeku H.263+, u kterého byl problém s přílišným kostičkováním obrazu patrný i ve statictějších částech dané scény. Tento nedostatek je zachycen na následujícím obrázku (Obr.22).



**Obr. 22 - Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí H.263 +. Zdroj: [24]**

Na třetím nejhorším místě se umístil kodek DivX 3.11 Fast Motion, který zejména ubíral na kvalitě ve statictějších částech videosekvence, v podobě znatelného rozmazávání a kostičkování (Obr.23) a přidával na kvalitě v dynamičtějších částech (Obr.24).

**Zdrojový snímek**



**Komprimovaný snímek**



**Obr. 23 - DivX 3.11 Fast Motion (500kbps) statická část scény. Zdroj: [24]**

**Zdrojový snímek**



**Komprimovaný snímek**

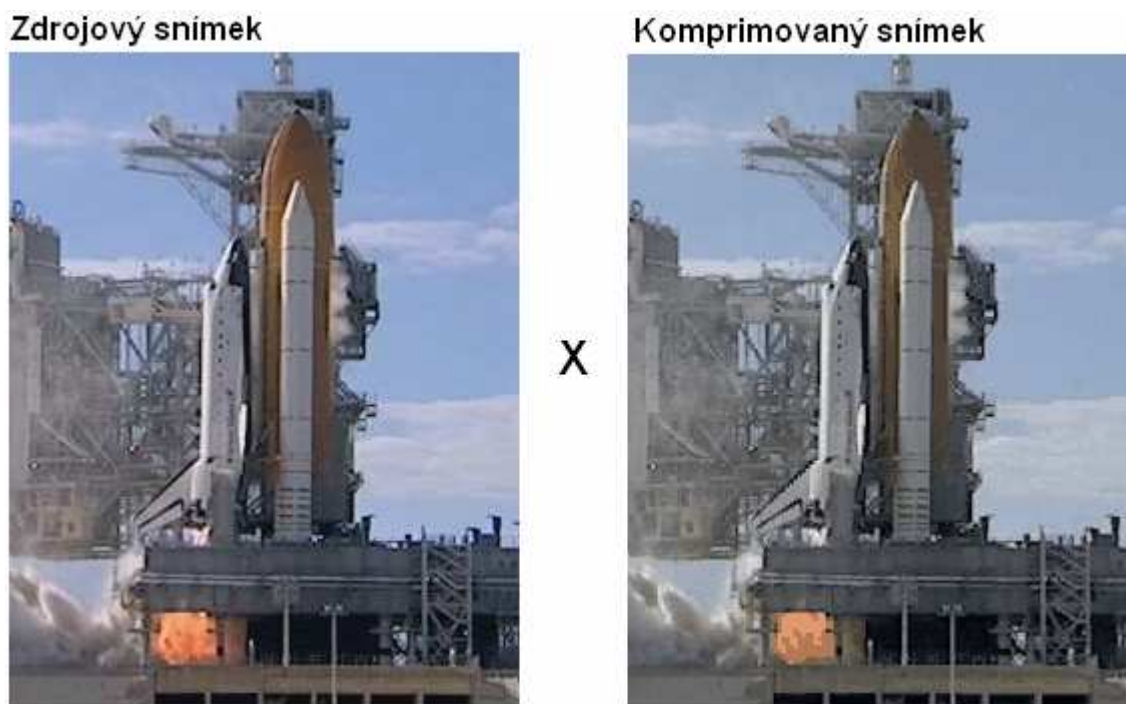


**Obr. 24- DivX 3.11 Fast Motion (500kbps) dynamická část scény. Zdroj: [24]**

Z obrázku (Obr.24) je patrné zlepšení obrazu, kde již rozmazávání a kostičkování není tak znatelné jako u předcházejícího obrázku (Obr.23).



Čtvrtým nejhůře umístěným v rámci subjektivního testování byl, i přes nastavenou 100% kvalitu obrazu při komprimaci, kodek Cinepak 1.1, který stejně jako v tomto, tak i v objektivním testování obsadil jedny z nejhorších výsledků, zejména v oblasti velikosti komprimačního poměru, kdy pomocí tohoto kodeku bylo dosaženo „záporné komprimace“. Subjektivní nedostatky Cinepak 1.1 kodeku jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr.25).



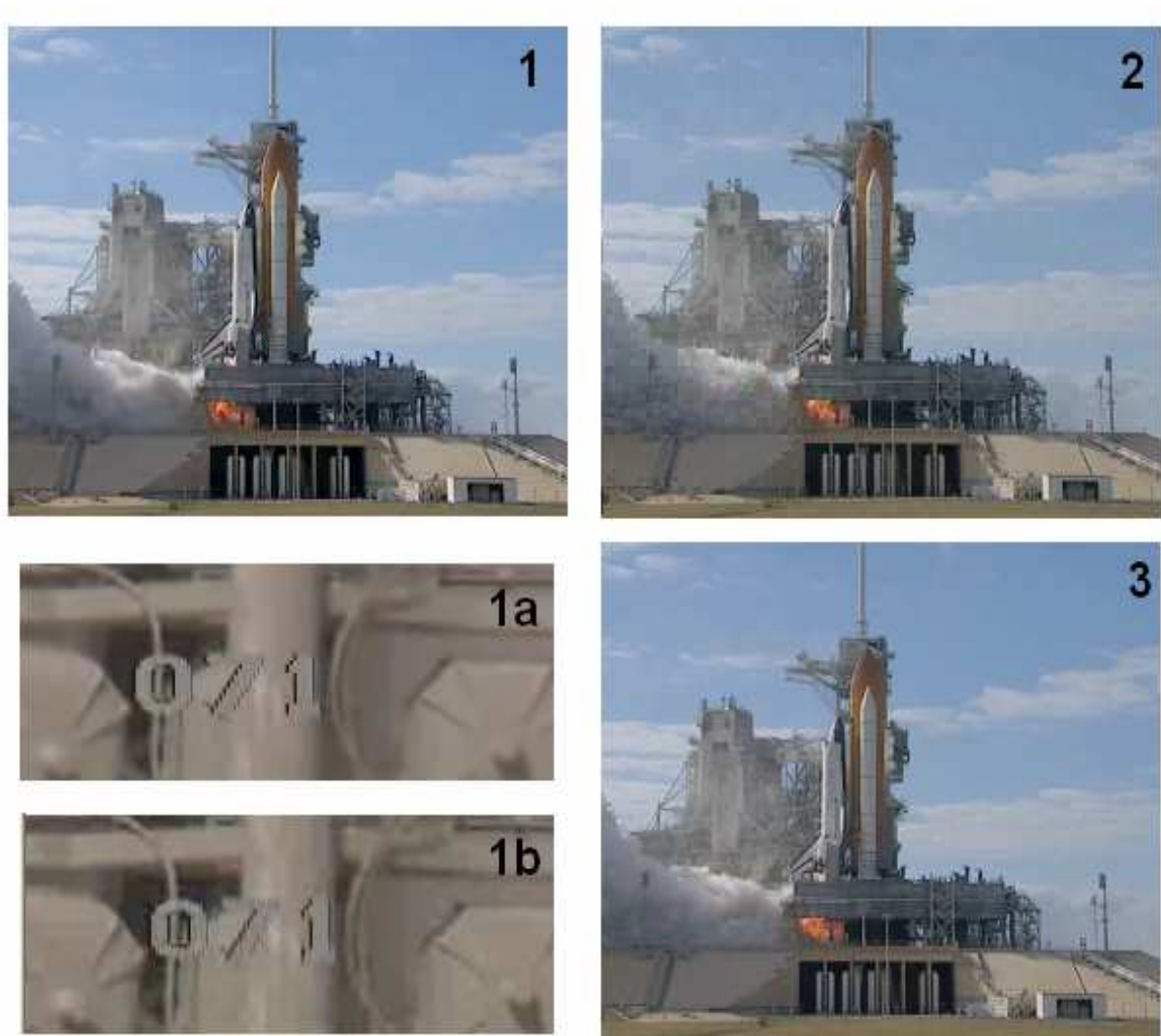
**Obr. 25 - Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí Cinepak. Zdroj: [24]**

V celém průběhu přehrávání komprimované videosekvence je patrné rušivé zrnění a špatná plynulost. Je patrný skokový posun a špatná kvalita obrazu způsobená posterizací. Díky nedostatečné jemnosti barev dochází místo jemného přechodu k viditelnému přeskoku barev.

## **8.1 Celkové vyhodnocení**

V této části diplomové práce provedu celkové zhodnocení a doporučení jednotlivých kodeků na základě křížového porovnání výsledků z objektivního a subjektivního testování provedeného v této diplomové práci.

Z hlediska křížového porovnání výsledků komprimačních poměrů a výsledků hodnocení kvality pro nižší a vyšší datové toky se stal celkovým vítězem kodek H.264. Kvalita tohoto kodeku se projevila zejména v nižších datových tocích, kdy dokázal i při nastaveném 500kbps datovém toku zachovat dobrou kvalitu obrazu srovnatelnou s kvalitou ostatních kodeků při datovém toku 1000kbps. Jedinou nevýhodou tohoto kodeku byla jeho hardwarová náročnost, která vyžaduje pro práci s tímto formátem dosti výkonnější PC.



**Obr. 26 – Porovnání H.264 x Xvid. Zdroj: [24]**

Na obrázku (Obr.26) je pozicí 1 označen výsledný snímek získaný pomocí H.264 a pozicí 2 porovnávaný snímek z videosekvence komprimované pomocí Xvid, kde pro oba dva kodeky byl nastaven stejný datový tok na hodnotu 500kbps. Z těchto dvou snímků jsou patrné rozdíly, kde je vidět, že H.264 má větší ostrost a více detailů bez kostičkování a bez větších vizuálních rozdílů mezi statickou a dynamickou částí scény. Tato ostrost je dobře pozorovatelná na textu vloženém do snímku, kde pozicí 1a je označen H.264 a pozicí 1b Xvid. Pozicí 3 je na obrázku vyobrazen stejný snímek komprimovaný pomocí Xvid s nastaveným datovým tokem na hodnotu 1000kbps. Právě mezi tímto snímkem a snímkem komprimovaným pomocí H.264 (pozice 1), je dobře pozorovatelná výhoda H.264, kdy s polovičním datovým tokem výsledná kvalita videosekvence odpovídá Xvid s nastaveným datovým tokem na 1000kbps. Největším propadem tohoto H.264 kodeku byla délka komprese, v níž skončil na posledním umístění. Tento propad byl způsoben zejména náročností tohoto kodeku na výkon PC. I přes větší náročnost je tento kodek v současné době považován za standard v oblasti HD videa a za

nástupce dnes postupně upadajícího MPEG-2. V následující tabulce 5 jsou stručně shrnuty výhody a nevýhody tohoto kodeku, včetně oblasti jeho použití.

<b>H.264</b>	
<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
vysoká kvalita obrazu i při nízkém datovém toku	vysoké zatížení CPU při komprimaci
stále se zvětšující podpora od výrobců hardware	vysoké zatížení CPU při přehrávání full HD videa
budoucí náhrada dnes nejrozšířenějšího MPEG-2	
multiplatformnost	
<b>Oblast použití :</b>	
Web streaming, downloading, HDTV, Digitální kamery – zejména Sony a Panasonic, Implementace v Blu-ray	

**Tabulka 5 – H.264 zhodnocení. Zdroj: [vlastní]**

Na druhém místě se umístil kodek WMV9 společnosti Microsoft, který i při nízkém datovém toku poskytl přijatelnou kvalitu obrazu s nepatrnou vadou projevující se mírným rozmazáním obrazu. Třetí pozici obsadil kodek DivX 6.9.8, kdy obdobné umístění získal také kodek VP 6 od společnosti On2. Oba kodeky poskytly přijatelnou kvalitu i při nízkém datovém toku, kdy DivX 6.9.8 poskytl o trochu lepší subjektivnější dojem oproti VP6. Na rozdíl od H.264 bylo u těchto kodeků patrné rozmazávání obrazu způsobené zahlazováním snímků za účelem dodržení nastaveného datového toku. I přes tento nedostatek patří tyto kodeky k jedněm z nejlepších, které byly testovány.

<b>Windows Media Video 9 (WMV9)</b>	
<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
dostatečná kvalita obrazu i při nízkém datovém toku	vysoké zatížení CPU při komprimaci
podpora v operačních systémech Windows	uzavřenost formátu
oproti H.264 menší nároky na výkon PC při přehrávání	zaměřenost na Windows, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Oblast použití tohoto kodeku je zaměřena primárně na web streaming, Blu-ray HD Video a HD DVD-ROM.	
<b>DivX 6.9.8</b>	
rozšířenost a podpora výrobců spotřební elektroniky	placený – v neplacené verzi je dosti omezen v možnostech nastavení kodéru
multiplatformnost	pro streaming videa na webu je nutný DivX Web player
oproti H.264 menší nároky na výkon PC při přehrávání	komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Oblast použití tohoto kodeku, je zejména v oblasti „video downloadingu“ pro zálohování DVD filmů. V současné době se však začíná pomalu rozšiřovat i do oblasti web streamingu.	
<b>On2 – VP6</b>	
dobrá kvalita obrazu i při nízkém datovém toku	malá podpora a rozšířenost v současné době
nativní kodek pro Flash videa	uzavřenost formátu
multiplatformní, menší nároky na výkon PC	zaměřenost na Windows, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Jeden z nejpoužívanějších kodeků při vytváření souborů FLV pro použití s přehrávačem Flash Player 8 a novějšími.	

**Tabulka 6 – WMV9, DivX 6.9.8 a On2 VP6 zhodnocení. Zdroj: [vlastní]**



Čtvrté umístění získal proprietární kodek Real Video 9, který je vhodný především pro web streaming a patří spolu s WMV k jednomu z nejrozšířenějších v oblasti streamingu v České republice. Výsledné video mělo o trochu více jasnější barvy než měla předloha a obrysy objektů působily při nižším datovém toku rozpitě, zejména při zhoršení světelných podmínek došlo k výraznějšímu potlačení tohoto nedostatku.

Real Video 9	
dostatečná kvalita obrazu i při nízkém datovém toku	k řádnému přehrávání je potřeba přehrávač Real Player
jeden z nejrozšířenějších v oblasti streamingu	proprietární kodek
rychlejší komprimace	komerční produkt
Oblast použití :	
Oblast použití tohoto kodeku je zaměřena primárně na web streaming.	

**Tabulka 7 – Real Video 9. Zdroj: [vlastní]**

Všechny výše uvedené testované kodeky, mají jednu společnou vlastnost, a tou je právě výše zmiňovaná hardwarová náročnost. Oproti tomuto nedostatku nabízejí výslednou kvalitu komprimované videosekvence již při nastavených nižších datových tocích než je tomu u ostatních kodeků, kde je potřeba pro dosažení stejné kvality vyšších datových toků. Tak jako dříve způsobila MP3 revoluci v oblasti komprimace zvuku a DivX 3.11 Alpha revoluci v oblasti komprimace videa, můžeme říci to samé v současnosti o H.264 v oblasti HD videa, kde je považován za standard. Dnes hojně využívanou oblastí tohoto kodeku je prostředí vytváření nelegálních kopií Blu-ray disků, tak jako tomu bylo dříve u DivX a Xvid pro vytváření kopií DVD disků. V rámci podpory výrobců elektroniky nebyl tento formát do současnosti příliš podporován, ale s příchodem Blue Ray se začíná situace obracet. Jediný problém spolu s vyššími hardwarovými nároky představuje neúplná kompatibilita, neboť většina výrobců softwaru a hardwaru používá modifikovaný H.264.

Další pořadí v umístění obsadily kodeky DivX, které patří v dnešní době k nejrozšířenějším a k nejpoužívanějším kodekům ke kompresi videa, zejména pro kompresi za účelem nelegálního šíření DVD filmů, které jsou chráněné autorskými právy. Díky své značné rozšířenosti a popularitě patří kodeky DivX hned po MPEG-2 k nejpodporovanějším v oblasti výrobců spotřební elektroniky. Použití těchto kodeků pro komprimaci ocení zejména majitelé méně výkonných PC, kdy i pomocí těchto kodeků lze dosáhnout dobrých výsledků, které je možné pozorovat v příloze A. Jak však současná situace ukazuje, DivX od verze 7 opouští svůj vlastní vývoj komprimačních algoritmů a začíná přejímat do sebe H.264 standard, čímž i náročnost tohoto formátu poroste. Mimo jiné společnost DivX začíná uvažovat, že by do svých novějších verzí zahrnula DRM ochranu, čímž by se mu otevřela cesta k filmovým studiím.

Shrnutí výhod a nevýhod ostatních kodeků, které nedosáhly v tomto testování takových výsledků, jako výše zmíněné, jsou uvedeny ve stručnosti v následující tabulce 8, kde jednotlivé kodeky jsou seřazeny podle abecedy vzestupně.

<b>Cinepak 1.1</b>	
multiplatformní	nízká kvalita obrazu , zastaralost
menší nároky na výkon PC při přehrávání	nízká úroveň komprese, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
V oblasti „video download“ a dříve zejména pro komprimaci v oblasti animací přehrávaných z CD-ROM.	
<b>DivX 3.11 ;-)</b>	
rozšířenost	nízká kvalita obrazu při nízkém datovém toku, zastaralost
menší nároky na výkon PC při přehrávání	u verze Low Motion nižší úroveň komprese, nelegálnost
<b>Oblast použití :</b>	
V oblasti „video download“ a v oblasti , kde je zapotřebí komprimace v reálném čase i za předpokladu nižší kvality výsledného videa.	
<b>H.263+</b>	
vyšší komprimační poměr	vyšší nároky na CPU při komprimaci
menší nároky na výkon PC při přehrávání	nízká úroveň komprese, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Zejména pro přenos obrazu se stálou bitovou rychlostí v aplikacích, nevyžadující vyšší požadavky na výslednou kvalitu obrazu (například videokonference).	
<b>Huffyuv 2.1.1</b>	
uvolněn pod licencí GPL	nízká úroveň komprese
menší nároky na výkon CPU při komprimaci	
<b>Oblast použití :</b>	
Zejména v oblasti editace a střihu videa za účelem archivace.	
<b>Indeo Video 5.10</b>	
multiplatformní	nízká kvalita obrazu při nízkém datovém toku
možnost zvolit každý snímek jako klíčový - přináší výhodu pro střih	nízká úroveň komprese, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
V oblasti „video download“ a střih videa.	
<b>Microsoft Video 1</b>	
kompatibilita	nízká kvalita obrazu při nízkém datovém toku, zastaralost
	nízká úroveň komprese, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Ve své době poměrně rychlý a kvalitní kodek, dnes již pomalý a kvalitativně zastaralý. Při nastavení 100% kvality komprese je stále viditelné čtverečkování obrazu.	
<b>MJPEG</b>	
hardwarová implementace, menší nároky na výkon PC	Vyšší datový tok
každý snímek je zde klíčový - přináší výhodu pro střih	Vyšší zatížení CPU při komprimaci
<b>Oblast použití :</b>	
Digitální fotoaparáty, záznam obrazu v prostředí bezpečnostních kamer.	
<b>MPEG-2</b>	
hardwarová implementace	nízká kvalita obrazu při nízkém datovém toku
menší nároky na výkon PC	nevhodný pro střih videa, komerční produkt
<b>Oblast použití :</b>	
Zejména v oblasti SVCD a DVD videa, digitálního vysílání (DVB)	
<b>RAW</b>	
multiplatformní	komprimační faktor
nižší nároky na výkon CPU při komprimaci	
<b>Oblast použití :</b>	
Oblast použití tohoto „kodeku“ je obdobná jako u Huffyuv 2.1.1, tedy zejména pro střih a editaci pro následnou archivaci videa. Rozšířen zejména v oblasti digitálních fotoaparátů.	

<b>Xvid</b>	
multiplatformní	vyšší nároky při komprimaci na výkon CPU
nižší nároky na výkon CPU při komprimaci	špatná kvalita obrazu při nízkém datovém toku
otevřenost zdrojového kódu	
<b>Oblast použití :</b>	
Oblast použití tohoto kodeku, je kromě streamingu obdobná jako u DivX.	

**Tabulka 8 - Shrnutí výhod a nevýhod ostatních testovaných kodeků včetně oblasti použití. Zdroj: [vlastní]**

## 9 Demonstrace výsledků

Pro lepší demonstraci výsledků testování, byly vytvořeny webové stránky, které jsou dostupné, jak v on-line verzi [25], tak i v offline verzi uložené na příloženém DVD\_1. Náhled na hlavní indexové menu (Downloading) je znázorněn na následujícím obrázku (Obr.27).

Nejlépe hodnocené			
<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>
Beztrátové a výrazně vychylující se			
<a href="#">RAW</a>	<a href="#">Huffvuv 2.1.1</a>	<a href="#">MJPEG</a>	<a href="#">Cinepak 1.1</a>
<a href="#">Microsoft Video 1</a>	<a href="#">Indeo Video 5.1</a>		
Ostatní testované			
<b>DivX 3.11 Fast Motion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<b>DivX 3.11 Low Motion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<b>DivX 5.2.1</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<b>H.263+</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>
<b>MPEG-2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<b>Real Video 9</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	<b>Xvid</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">Nižší bitrate</a></li> <li><a href="#">Vyšší bitrate</a></li> </ul>	

Obr. 27 – Demonstrace výsledků / Downloading. Zdroj: [vlastní]

Hlavní menu této prezentace je složeno ze 4 částí :

- Downloading menu (znázorněné na Obr.27) představuje prostředí, ve kterém si je možné názorně jednotlivé výsledky testování prohlédnout na základě výběru podle nejlépe hodnocených, beztrátových a výrazně vychylujících se výsledků testování. Kromě výše uvedených tu nechybí také možnost prohlédnout si všechny ostatní výsledky testovaných kodeků. Na stránkách umístěných na internetu je možnost přehrání jednotlivých videosekvencí z kapacitních důvodů omezena jen na vybrané kodeky.
- Streaming menu, kde je názorně ukázána možnost streamingu prostřednictvím serveru YouTube.com. Na této stránce je možné si prohlédnout výsledek nejlépe a nejhůře hodnoceného kodeku s nastaveným nízkým datovým tokem. Jedná se o kodek H.264 a Xvid s nastaveným datovým tokem na 500kbps. Náhled na toto menu si je možné prohlédnout na následujícím obrázku (Obr.28).



Obr. 28 – Demonstrace výsledků / Streaming. Zdroj: [vlastní]

- Obrázky z testování (Příloha C) je třetím pod-menu této prezentace, kde jsou názorně ukázány jednotlivé nedostatky testovaných kodeků, které byly ukázány v předcházející kapitole, v původním HD rozlišení, kde jsou tyto nedostatky dobře patrné.
- Grafy a tabulky tvoří poslední pod-menu této prezentace a jsou zde uvedeny všechny výsledky testování v podobě grafů a tabulek. Náhled na toto a předcházející menu si je možné prohlédnout v příloze D.

Jednotlivé videosekvence, kromě videosekvence RAW, si je možné prohlédnout v adresáři video\_testovani na DVD\_1 přiloženém k této diplomové práci. RAW videosekvence je z kapacitních důvodů umístěna samostatně na druhém DVD\_2.

Jednotlivé značení videosekvencí je ve formátu A\_B.C, kde A značí index testovaného kodeku, B nastavený datový tok a C označuje použitý kontejner.

Výslednou strukturu DVD\_1 a DVD\_2 disku si je možné prohlédnout v příloze E této diplomové práce.

## Závěr

Jedním z cílů této diplomové práce bylo osvětlit problematiku digitálního videa a odstranit řadu mýtů a nejasností kolujících v současné době v této problematice, jak v oblasti diskusních fór, tak i v řadě odborné literatury v podobě velkého kvanta IT časopisů, které jsou v současné době vydávány. Vývoj v oblasti zpracování a distribuce multimediálního videa probíhá, v současné době díky neustálému zvyšování výkonnosti osobních počítačů, vývoji v oblasti síťové architektury a rozvoji v oblasti multimediálních přenosů v prostředí Internetu, velice dynamicky. Díky všem těmto aspektům se postupně výrazně snižují náklady na distribuci digitálního videa v oblasti Internetu a multimediální obsah může být stále více dostupnější širší veřejnosti po celém světě. To, co se zdálo být před pár lety nemožné, jako například přehrávání velkých video souborů na internetu v reálném čase, patří dnes k našemu běžnému životu a považujeme tento fakt za samozřejmý. Tímto nám odpadá dřívější nutnost stahovat velké objemy dat za účelem prohlédnutí daného obsahu. Díky celé řadě kodeků jsme schopni výrazně snížit velikost výsledného videa při zachování původní kvality, o čemž jsem se mohl přesvědčit v druhé části této práce, kde mým cílem bylo otestovat celou řadu v dnešní době dostupných kodeků a zjistit jejich kvalitu z hlediska objektivních a subjektivních testů. Výsledné hodnocení bylo provedeno jejich křížovým porovnáním. Veškeré provedené testování bylo realizováno na základě dostupných technických a softwarových prostředků, které jsem měl k dispozici zdarma.

Z výsledků testování je patrné, že kodeky založené na novějších standardech mají s jejich postupným vývojem stále širší oblast použití, která však není v současné době stále vyčerpána, jelikož hlavním problémem stále zůstává čím dál tím vyšší hardwarová náročnost a „neochota“ lidí provádět pravidelnou inovaci svého hardwarového vybavení. To má na druhé straně za následek nižší zájem ze strany tvůrců podílejících se na vývoji jednotlivých algoritmů a výrobců podporujících tyto formáty. Typickým ukázkovým příkladem je kodek DivX, který začal být inovován ze strany tvůrců a podporován u výrobců spotřební elektroniky až po jeho masovém rozšíření a oblibě u uživatelů. Dnes se s ním můžeme setkat ve většině stolních přehrávačů po boku s MPEG-2. Obdobný případ je patrný například u výrobce grafických karet Nvidia, který implementuje do svých nových výrobků podporu akcelerace kodeku H.264, jež se považuje za budoucího nástupce standardu MPEG-2 v oblasti HD rozlišení. Jak jsem se mohl testováním přesvědčit, kodeky založené na MPEG-4 standardu pracujícím s objekty mají stále co nabídnout. Tento trend, domnívám se, bude panovat i v budoucnu.

Budoucí vývoj v této oblasti se bude, předpokládám, čím dál tím více orientovat na mobilní zařízení, jako je například masová distribuce televizního vysílání na mobilní telefony nebo postupné rozšíření prostorového videa včetně spotřebitelských kamer, které by uměly toto video nahrávat. Další možný vývoj v oblasti digitálního videa se domnívám, že bude v postupném opouštění běžného uživatelského ukládání videa na distribuovatelná média (v podobě HDD, DVD, Blu-ray apod.), tato videa budou místo těchto medií primárně uložena na Internetu, odkud budou také dobře dostupná z jakéhokoliv místa a v kterýkoliv čas.

K výrazným změnám v oblasti vývoje kodeků a kontejnerů, tak jak tomu bylo u MP3 a DivX 3.11 u SD videa a H.264 u HD videa, myslím si, nedojde. Do budoucna, domnívám se, bude stále více podporován a rozšiřován kodek H.264 spolu s kontejnerem MKV, po kterém už je i v současné době velká poptávka ze strany spotřebitelů.

Všechny cíle, které byly stanoveny v této diplomové práci, byly splněny. Díky této práci jsem si prohloubil své vlastní znalosti z dané problematiky. Tato práce může sloužit všem současným i budoucím zájemcům o problematiku digitálního videa jako zdroj informací. Zájemci může posloužit také při rozhodování, jaký kodek, popřípadně kontejner, použít při zpracovávání videa například z dovolené či rodinné oslavy při jeho současném hardwarovém vybavení a jeho záměru dané video distribuovat.

## Seznam použité literatury

- [1] *Fotografování* [online]. 2007-01-26. 2007 [cit. 2010-01-25]. Vše o světle. Dostupné z WWW: <[http://www.fotografovani.cz/art/hp\\_foto/rom\\_1\\_01\\_cojetosvetlo.html](http://www.fotografovani.cz/art/hp_foto/rom_1_01_cojetosvetlo.html)>.
- [2] ČAPEK, J., FABIAN, P. *Komprimace dat: principy a praxe*. Praha: Computer Press, 2000. 173 s. ISBN 80-7226-231-9.
- [3] MURRAY, J., VAN RIPER, W. *Encyklopedie grafických formátů*. Praha: Computer Press, 2000. 953 s. ISBN 80-7226-033-2.
- [4] *RGB Tables* [online]. 2002 [cit. 2010-04-03]. Compression project. Dostupné z WWW: <[http://compression.ru/video/quality\\_measure/info\\_en.html](http://compression.ru/video/quality_measure/info_en.html)>.
- [5] ČERBA, O. *Barevné modely* [online]. 2003 [cit. 2010-02-11]. Mapy na Internetu. Dostupné z WWW: <<http://www.gis.zcu.cz/studium/pok/Materialy/Book/ar03s01.html>>.
- [6] ŠPITÁLSKÝ, J. *Praktikum z lékařské biofyziky*, Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. 100 s. ISBN 80-7067-757-0.
- [7] SOKOLOWSKY, P., ŠEDIVÁ, Z. *Multimédia: současnost budoucnosti*. Praha: Grada, 1994. 204 s. ISBN 80-7169-081-3.
- [8] BŘEZINA, J. *Grafika online* [online]. 1999 [cit. 2010-01-14]. CCD snímače. Dostupné z WWW: <<http://www.grafika.cz/art/hw/clanek356807612.html>>.
- [9] *NETCAM* [online]. 2005 [cit. 2010-01-13]. Encyklopedie síťového videa. Dostupné z WWW: <<http://www.netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/progresivni-skenovani.php>>.
- [10] *Jech Webz* [online]. 2004 [cit. 2010-02-25]. Prokládání. Dostupné z WWW: <<http://jech.webz.cz/deinterlace.php>>.
- [11] ZAPLETAL, P. *Videotechnika*. Olomouc: Rubico, 1999. 199 s. ISBN 80-85839-15-6.
- [12] *TV Freak* [online]. 2005 [cit. 2009-11-25]. Kontejner není kontejner. Dostupné z WWW: <[http://www.tvfreak.cz/art\\_doc-7336C842E0DDDE25C125727C0059416E.html](http://www.tvfreak.cz/art_doc-7336C842E0DDDE25C125727C0059416E.html)>.
- [13] HOLSINGER, E. *Jak pracují multimédia*. Brno: Unis publishing, 1995. 198 s. ISBN 1-56276-207-7.



- [14] BROŽA, P. *Živě computer* [online]. 2003 [cit. 2010-01-25]. Formát DVD Video. Dostupné z WWW: <<http://www.zive.cz/clanky/format-dvd-video-jak-je-na-dvd-ulozen-film/jak-je-na-dvd-ulozen-zvuk-titulky-menu-kapitoly/sc-3-a-112457-ch-29128/default.aspx>>
- [15] *Wikipedie* [online]. 2005 [cit.2010-04-25]. Video kodek. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Multimedi%C3%A1ln%C3%AD\\_kontejner](http://cs.wikipedia.org/wiki/Multimedi%C3%A1ln%C3%AD_kontejner)>.
- [16] HUFFMAN, D. A method for the construction of minimum-redundancy codes. *Proceedings of the IRE*. 1952, no. 40, s. 1098-1101.
- [17] RICHARDSON, I., P. *Video codec design*. Praha: Wiley-VCH, 2002. 315 s. ISBN 0-471-48553-7
- [18] *DivX* [online]. 2008 [cit. 2009-12-11]. DivX product. Dostupné z WWW: <<http://www.divx.com>>.
- [19] TRPÁK, K. *Česká televize* [online]. 2006 [cit. 2010-01-22]. Technika. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskatelevize.cz/ct/technika/kapitola29.htm>>.
- [20] *CD-R* [online]. 2000 [cit. 2009-11-10]. Malý průvodce produkcí digitálního videa. Dostupné z WWW: <<http://vww.cdr.cz/a/216/2>>.
- [21] HROUZEK, D. *HD mag* [online]. 2007 [cit. 2009-12-10]. DVD versus Blu-ray. Dostupné z WWW: <<http://hdmag.cz/clanek/dvd-versus-blu-ray>>.
- [22] KOL. *Multimédia: Podrobný průvodce*. Praha: Albatros, 1997. ISBN 80-00-00528-X.
- [23] *Internetové videopůjčovny* [online]. 2009 [cit. 2010-03-25]. LUPA. Dostupné z WWW: <<http://www.lupa.cz/n/internetove-videopujcovny/>>.
- [24] *HD archive* [online]. 2010 [cit. 2010-03-07]. NASA. Dostupné z WWW: <[http://anon.nasa-global.edgesuite.net/qt.nasa-global/ksc/ksc\\_111609\\_sts129\\_launch\\_720p.mov](http://anon.nasa-global.edgesuite.net/qt.nasa-global/ksc/ksc_111609_sts129_launch_720p.mov)>.
- [25] *Topmen* [online]. 2000 [cit. 2009-11-10]. Prezentace výsledků. Dostupné z WWW: <<http://vww.topmen.cz/DPB/index.html>>.

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Rychlost kmitání světelného vlnění. Zdroj: [1] .....	11
Obr. 2 - Vlnové délky světla odpovídající viditelnému světlu. Zdroj: [1] .....	12
Obr. 3 - RGB model. Zdroj: [1].....	13
Obr. 4 - RGB obrázek a jeho složky. Zdroj: [1].....	14
Obr. 5 - Nemožný obrazec. Zdroj: [6].....	16
Obr. 6 - Bitmapová reprezentace černobílého obrázku. Zdroj: [2] .....	17
Obr. 7 - Zvětšený detail bitmapového obrazce. Zdroj: vlastní.....	18
Obr. 8 - Zvětšený detail vektorového obrazce. Zdroj: vlastní.....	19
Obr. 9 - Jednotky informace videa. Zdroj: vlastní.....	20
Obr. 10 - Prokládané zobrazení. Zdroj: [9] .....	22
Obr. 11 - Progresivní zobrazení. Zdroj: [9].....	23
Obr. 12 - Zobrazení klíčových a delta snímků [2].....	25
Obr. 13 - Posloupnost GOP v MPEG. Zdroj: [2] .....	33
Obr. 14 - DVD regiony. Zdroj: [21] .....	43
Obr. 15 - HD versus standardní rozlišení obrazu. Zdroj: [21].....	45
Obr. 16 - Blu-ray regiony. Zdroj: [21].....	46
Obr. 17 - Základní prostředí Virtual Dub 1.9.8. Zdroj: vlastní .....	51
Obr. 18 - Prostor pro výběr kodeku. Zdroj: vlastní .....	53
Obr. 19 - Nastavení parametrů komprimace. Zdroj: vlastní.....	54
Obr. 20 - Zatížení CPU při komprimaci. Zdroj: vlastní .....	58
Obr. 21 - Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí Xvid. ....	60
Obr. 22 - Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí H.263 +. ....	60
Obr. 23 - DivX 3.11 Fast Motion (500kbps) statická část scény. Zdroj: [24].....	61
Obr. 24 - DivX 3.11 Fast Motion (500kbps) dynamická část scény. Zdroj: [24].....	61
Obr. 25 - Porovnání nekomprimovaného a komprimovaného snímku pomocí Cinepak. ....	62
Obr. 26 - Porovnání H.264 x Xvid. Zdroj: [24].....	63
Obr. 27 - Demonstrace výsledků / Downloading. Zdroj: vlastní.....	68
Obr. 28 - Demonstrace výsledků / Streaming. Zdroj: vlastní.....	69

## **Seznam grafů**

Graf 1 – Výsledné pořadí ztrátových kodeků podle průměrné úspory místa .....	56
Graf 2 – Negativní komprimace .....	57
Graf 3 – Průměrné zatížení CPU při komprimaci .....	58

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Parametry vstupního HD videa .....	52
Tabulka 2 – Testované kodeky .....	53
Tabulka 3 - Stupnice porovnání kvality a plynulosti obrazu videosekvence .....	55
Tabulka 4 – Umístění jednotlivých kodeků z hlediska času potřebného pro komprimaci.....	59
Tabulka 5 – H.264 zhodnocení.....	64
Tabulka 6 – WMV9, DivX 6.9.8 a On2 VP6 zhodnocení.....	64
Tabulka 7 – Real Video 9 .....	65
Tabulka 8 - Shrnutí výhod a nevýhod ostatních testovaných kodeků včetně oblasti použití...66	

## **Seznam příloh**

Příloha A – Výsledky testování jednotlivých ztrátových kodeků (1 - 2)
Příloha B – Výsledky testování bezztrátových a výrazně se vychylujících kodeků
Příloha C – Prostředí www demonstrace výsledků - Obrázky z testování
Příloha D – Prostředí www demonstrace výsledků – Grafy a tabulky
Příloha E – Struktura DVD_1 a DVD_2 disku

## **Přílohy**

**Příloha A – Výsledky testování jednotlivých ztrátových kodeků. Zdroj: [vlastní]**

Index	Kodek	Test	Kontejner	Datový tok (kbps)	Výsledná velikost (MB)	TC (min:sek)	COD (%)	DEC (%)	UM (%)	KP	Average TC (min:sek)	Average UM (%)	Average COD (%)	Average DEC (%)	KO (1-4)	PO (1-4)	Subjective count
1	DivX 3.11 Fast Motion	1	AVI	500	2,82	0:38	62	19	90,81	10,887	0:39	66,197	65,500	19,500	5	2	12
		2	AVI	1000	4,89	0:38	65	19	84,07	6,278					3	2	
		3	AVI	3000	10,3	0:41	66	20	66,45	2,981					3	1	7
		4	AVI	6000	23,5	0:41	69	20	23,45	1,306					2	1	
2	DivX 3.11 Low Motion	5	AVI	500	2,85	0:36	51	16	90,717	10,772	0:38	62,899	54,000	16,500	4	2	11
		6	AVI	1000	4,91	0:37	55	16	84,007	6,253					3	2	
		7	AVI	3000	13,2	0:41	55	17	57,003	2,326					2	1	5
		8	AVI	6000	24,6	0:41	55	17	19,870	1,248					1	1	
3	DivX 5.2.1	9	AVI	500	3,26	1:09	34	43	89,381	9,417	1:25	67,288	34,750	43,000	3	1	7
		10	AVI	1000	4,31	1:28	34	43	85,961	7,123					2	1	
		11	AVI	3000	11	1:31	35	43	64,169	2,791					2	1	5
		12	AVI	6000	21,6	1:32	36	43	29,642	1,421					1	1	
4	DivX 6.9.8	13	AVI	500	2,66	0:59	75	50	91,336	11,541	1:32	66,441	77,250	50,500	3	1	7
		14	AVI	1000	4,35	1:31	76	50	85,831	7,057					2	1	
		15	AVI	3000	11,4	2:09	82	51	62,866	2,693					2	1	5
		16	AVI	6000	22,8	1:31	76	51	25,733	1,346					1	1	
5	H.263+	17	FLV	500	2,44	1:57	56,3	31	92,052	12,582	3:18	65,603	56,950	32,500	4	3	12
		18	FLV	1000	4,8	2:43	56,9	33	84,365	6,396					3	2	
		19	FLV	3000	11,8	3:57	57,3	33	61,564	2,602					2	2	7
		20	FLV	6000	23,2	4:38	57,3	33	24,430	1,323					1	2	
6	H.264	21	MKV	500	2,57	2:36	96	55	91,629	11,946	13:25	66,140	96,750	56,000	2	1	5
		22	MKV	1000	4,31	4:02	97	56	85,961	7,123					1	1	
		23	MKV	3000	11,8	8:09	97	57	61,564	2,602					1	1	4
		24	MKV	6000	22,9	14:54	97	56	25,407	1,341					1	1	
7	MPEG-2	25	MPEG	500	3,9	0:50	49	33	87,296	7,872	1:03	64,430	49,250	34,000	4	2	10
		26	MPEG	1000	4,68	0:56	49	34	84,756	6,560					3	1	
		27	MPEG	3000	11,6	1:05	50	34	62,215	2,647					1	1	4
		28	MPEG	6000	23,5	1:21	49	35	23,453	1,306					1	1	
8	Real Video 9	29	RM	500	2,01	0:46	88	50	93,453	15,274	1:16	66,091	88,250	51,250	3	1	7
		30	RM	1000	5,76	1:14	88	51	81,238	5,330					2	1	
		31	RM	3000	9,47	1:23	88	52	69,153	3,242					1	1	4
		32	RM	6000	24,4	1:42	89	52	20,521	1,258					1	1	

Index	Kodek	Test	Kontejner	Datový tok (kbps)	Výsledná velikost (MB)	TC (min:sek)	COD (%)	DEC (%)	UM (%)	KP	Average TC (min:sek)	Average UM (%)	Average COD (%)	Average DEC (%)	KO (1-4)	PO (1-4)	Subjective count
9	On2 - VP6	33	AVI	500	2,83	6:48	52	36	90,782	10,848	10:00	65,057	52,250	36,250	2	2	7
		34	AVI	1000	4,58	8:52	52	36	85,081	6,703					2	1	
		35	AVI	3000	12,1	10:36	52	37	60,586	2,537					1	1	4
		36	AVI	6000	23,4	13:44	53	36	23,779	1,312					1	1	
10	Windows Media Video 9	37	WMV	500	2,81	3:50	94	47	90,847	10,925	6:02	65,489	94,000	47,250	3	1	7
		38	WMV	1000	4,57	4:11	94	47	85,114	6,718					2	1	
		39	WMV	3000	11,9	7:54	94	48	61,238	2,580					1	1	4
		40	WMV	6000	23,1	8:16	94	47	24,756	1,329					1	1	
11	Xvid	41	AVI	500	2,93	1:25	56	33	90,456	10,478	1:51	66,156	55,000	33,250	4	3	11
		42	AVI	1000	4,53	1:46	56	33	85,244	6,777					3	1	
		43	AVI	3000	11,2	1:58	58	34	63,518	2,741					1	1	4
		44	AVI	6000	22,9	2:16	50	33	25,407	1,341					1	1	

**Příloha B – Výsledky testování bezztrátových a výrazně se vychylujících kodeků. Zdroj: [vlastní]**

Index	Kodek	Test	Kontejner	Nastavená kvalita (%)	Výsledná velikost (MB)	TC (min:sek)	COD (%)	DEC (%)	UM (%)	KO (1-4)	PO (1-4)	Subjective count
12	Cinepak 1.1	44	AVI	100	135	0,026	51	24	-339,7	4	3	7
13	Huffyuv 2.1.1	45			746	0,071	60	24	-2330	1	1	2
14	Indeo Video 5.1	46			91	0,404	51	26	-194,8	2	2	4
15	Microsoft Video 1	47			684	0,214	53	23	-2128	2	3	5
16	MJPEG	48			529	0,106	56	45	-1623	2	3	5
17	RAW	49			1990	0,065	43	39	-6382	1	1	2

Příloha C – Obrázky z testování. Zdroj: [vlastní]



The graphic features a background of a film reel. At the top left, the word "VIDEO" is written in large, bold, black letters with a white outline. Below it, the text "JAKO SOUČÁST MULTIMEDIÁLNÍCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ" is written in a smaller, bold, black font. Underneath that, "DEMONSTRACE VÝSLEDKŮ" is written in a very large, bold, black font. A red horizontal bar spans the width of the graphic, containing four labels: "DOWNLOADING", "STREAMING", "OBRAZKY Z TESTOVÁNÍ", and "GRAFY A TABULKY". Below this bar, two columns of images are shown. The left column shows a rocket launch scene, and the right column shows a close-up of a rocket's nozzle. Each column has two images: a full scene and a detail. The labels "H.264 500kbps" and "XviD 1000kbps" are placed above the top images in each column, and "H.264 500kbps - Detail" and "XviD 1000kbps - Detail" are placed below the bottom images in each column.

**VIDEO**  
JAKO SOUČÁST MULTIMEDIÁLNÍCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ  
**DEMONSTRACE VÝSLEDKŮ**

DOWNLOADING      STREAMING      OBRAZKY Z TESTOVÁNÍ      GRAFY A TABULKY

H.264 500kbps      XviD 1000kbps

H.264 500kbps - Detail      XviD 1000kbps - Detail



Příloha D - Grafy a tabulky. Zdroj: [vlastní]

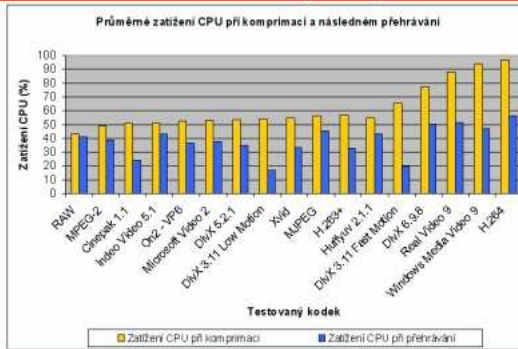
# VIDEO

JAKO SOUČÁST MULTIMEDIÁLNÍCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

## DEMONSTRACE VÝSLEDKŮ

DOWNLOADING      STREAMING      OBRÁZKY Z TESTOVÁNÍ      GRAFY A TABULKY

Průměrné zatížení CPU při komprimaci



Umístění jednotlivých kodeků z hlediska času potřebného pro komprimaci



Název kodeku	Přibližný čas komprimace (s)
Opus 2-Vp8	1.0
DivX 3.11 Low Motion	1.0
DivX 3.11 Fast Motion	1.0
Cinepak 1.1.1	1.0
Indeo Video 5.1	1.0
DivX 6.9.8	1.0
Real Video 9	1.0
Windows Media Video 9	1.0
H.264	1.0
H.263+	1.0
Xvid	1.0
Microsoft Video 2	1.0
Windows Media Video 2	1.0
Indeo Video 3.1	1.0
Opus 2-Vp8	1.0
H.264	1.0
H.264	1.0

## Příloha E – Struktura DVD\_1 a DVD\_2 disku. Zdroj: [vlastní]

### DVD\_1 disk

↑ Název	Přípona	Velikost	Datum
[..]		<DIR>	08.04.2010 23:46
[grafy_testovani]		<DIR>	01.04.2010 20:04
[images]		<DIR>	01.04.2010 20:04
[obrazky_testovani]		<DIR>	29.03.2010 23:16
[Printscreen]		<DIR>	08.04.2010 23:45
[Thesis]		<DIR>	08.04.2010 23:46
[video_testovani]		<DIR>	01.04.2010 21:45
autorun	inf	33	08.04.2010 23:12
down	htm	4 532	08.04.2010 23:23
graph	htm	3 133	01.04.2010 21:53
image	htm	5 190	01.04.2010 21:53
index	htm	4 532	08.04.2010 23:23
stream	htm	2 437	08.04.2010 23:21

- grafy\_testovani - grafy a tabulky výsledků testování
- images – obrázky pro prostředí prezentace
- obrazky\_testovani – obrázky výsledků testování
- Printscreen – nastavení jednotlivých kodeků
- video\_testovani – testované videosoubory
- Thesis – text diplomové práce
- down.htm – downloading stránka s jednotlivými videosoubory
- graph.htm – stránka obsahující grafy a tabulky
- image.htm – stránka obsahující obrázky z testování v původní velikosti
- index.htm – hlavní www stránka prezentace
- stream.htm – streaming stránka

### DVD\_2 disk

↑ Název	Přípona	Velikost	Datum
[..]		<DIR>	08.04.2010 23:54
17	avi	2 143 524 462	09.04.2010 00:09

17.avi – RAW video