

Kamery pro digitální kinematografii

BcA. Robert Nekl

Diplomová práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Kabinet teoretických studií

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Robert NEKL**

Studijní program: **N 8206 Výtvarná umění**

Studijní obor: **Multimedia a design – Audiovize**

Téma práce: **1. Kamery pro digitální kinematografii
2. Příběh – hraný film do 20 min., kamera**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část práce:

Rozsah práce: 25 – 35 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh. Formální podoba 1 ks v pevné vazbě s popisem na hřbetu i horní desce spolu s CD-ROM. Dále 2 ks práce, které mohou být v kroužkové vazbě. Práci je třeba rovněž odeslat do knihovny UTB Zlín v elektronické podobě ve formátu pdf.

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti.

2. Praktická část práce:

Audiovizuální výstup předložte na 3 ks DVD a 1 ks MiniDV (nosiče řádně popište).

Součástí celé práce budou vyplněné formuláře pro OSA, NFA a Licenční smlouva k audiovizuálnímu dílu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

www.panavision.com

www.arri.com

www.red.com

http://www.sony.co.uk/biz/view/ShowFlexibleHub.action?logicalname=home&site=biz_en_GB§iontype=Home

Vedoucí teoretické části:

doc. Mgr. Juraj Fandli

Ústav animace a audiovize

Vedoucí praktické části:

doc. Mgr. Juraj Fandli

Ústav animace a audiovize

Datum zadání diplomové práce:

1. prosince 2009

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2010

Ve Zlíně dne 11. ledna 2010

doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.

děkanka



v.r. KČE
Mgr. Markéta Dvořáčková
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně 5.3.2010

.....
Jméno, příjmení, podpis

Robert Nehel

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídnou k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce objasňuje principy digitální filmové technologie: od záznamu digitálními kamerami, vysvětlení jejich principu snímání, komprese obrazu až po jeho záznam. Součástí práce tvoří i praktické testy jednotlivých typů kamer. Výsledky jsou pak porovnávány s klasickou analogovou 35 mm technologií.

Klíčová slova: Digitální kinematografie, D-CINEMA, HDTV, 2k, 4k, CCD, CMOS, 35 mm film, YUV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, XDCAM HD422, DVCPRO HD, HDCAM, AVC-Intra.

ABSTRACT

This project analyzes the principles of digital cinematographical technology: shooting with a digital camcorder, explanation of the principal of its working principles, processing the digital data, compression and the final recording. This work also includes practical tests of various digital camcorders with the results compared to the traditional analogue 35 mm camcorders.

Keywords: Digital cinematography, D-CINEMA, HDTV, 2k, 4k, CCD, 35 mm film, YUV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0, XDCAM HD, DVCPRO HD, HDCAM, Cineon, DLP, D-ILA, SXR.

OBSAH

ÚVOD	8
1 TECHNOLOGIE SNÍMÁNÍ A ZÁZNAMU	9
1.1 HISTORIE DIGITÁLNÍ KINEMATOGRAFIE	9
1.2 POLOVODIČOVÉ SNÍMACÍ PRVKY	9
1.2.1 CDD TECHNOLOGIE	10
1.2.2 CMOS TECHNOLOGIE	10
1.2.3 SNÍMÁNÍ BAREVNÉHO OBRAZU	11
1.2.4 VELIKOST SNÍMACÍCH ČIPŮ A HLOUBKA OSTROSTI	12
1.3 PIXEL, ROZLIŠENÍ	13
2 DIGITÁLNÍ DATA	16
2.1 DATOVÉ TOKY NEKOMPRIMOVANÉHO VIDEA	16
2.2 KOMPRIMACE RGB SIGNÁLU	17
2.3 VZORKOVÁNÍ YUV BAREV, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0	17
2.4 KOMPRESSE OBRAZOVÝCH DAT	18
2.5 ZÁZNAMOVÉ FORMÁTY	20
2.6 RAW DATA	23
2.7 NANO FLASH HD/SD RECORDER	24
3 FILMOVÉ DIGITÁLNÍ KAMERY	25
3.1.1 SONY HDW-F900R	25
3.1.2 SONY SRW-9000	25
3.1.3 SONY PDW-700 / PDW-800	26
3.1.4 SONY F35	26
3.1.5 PANAVISION - GENESIS	28
3.1.6 ARRIFLEX D-21	28
3.1.7 RED DIGITAL CINEMA CAMERA COMPANY - RED ONE	30
3.1.8 VISION RESEARCH - PHANTOM HD	31
3.1.9 DALSA ORIGIN	31
3.1.10 PANASONIC AJ-HPX3700	32
3.2 OSTATNÍ MOŽNOSTI ZÍSKÁNÍ OBRAZOVÝCH DAT	32
4 PRAKTICKÉ TESTY FILMOVÝCH DIGITÁLNÍCH KAMER	34
4.1 TESTOVANÁ TECHNIKA	34
4.2 POSTPRODUKČNÍ PŘÍPRAVA NATOČENÝCH DAT	35
4.3 TESTOVACÍ POSTUP	36
4.4 TESTOVANÉ SCÉNY	37
4.4.1 TEST 1 - „TEST CHART“, TEST ROZLIŠENÍ	38
4.4.2 TEST 2 - ZÁTIŠÍ „PŘEDMĚTY“	42
4.4.3 TEST 3 A 4 - MODELKA V PC A PD	43
4.4.4 TEST 5 - MOTION BLUR, „KOLOTOČ“ A MODELKA V POHYBU	44
4.4.5 TEST 6 - DYNAMICKÝ ROZSAH „SKÁKAČKA“	47
4.4.6 TEST 7 - TEST KODEKŮ „KOLOTOČ“	49

4.5 PROMÍTÁNÍ TESTU V MULTIKINĚ	52
5 ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ	54

ÚVOD

Hrané filmy, reklamy a dokumenty jsou jedny z mála oblastí, kde se ještě dnes ve větší míře používá filmová surovina. Děje se tak od konce roku 1895, kdy se uskutečnilo první promítání, na kterém bratři Lumièreové předvedli před platícím publikem v Grand Café v Paříži svůj přístroj, cinématographe. Až do nedávné doby jsme se velkých změn nedočkali. Tyto analogové technologické postupy a používaná technika, tak jak ji známe dnes, dospěla do podoby, kdy je v podstatě už za hranicí technického vývoje. Výraznou změnu dnes představuje technologie digitální. Ta nevyužívá žádné analogové médium (filmovou surovinu), ale pracuje na bázi digitálních dat - jedniček a nul.

V následující práci se snažím přiblížit prvotní fázi výroby filmu. Konkrétně půjde o samotný záznam pomocí digitálních filmových kamer. Mimo jiné chci také nastínit jejich technické možnosti, shrnout je od samotného záznamu do podoby digitálních dat - jejich zpracování obrazu elektronickými obvody, následnou kompresí a jejich záznamem na záznamová média. Vše se pak snažím v praktickém testu porovnávat s technologií analogovou - filmovou surovinou. Ta pro nás většinou znamená technologickou špičku kvality, podle které porovnáváme ostatní filmové technologie.

Jsme součástí velké filmové technické revoluce, kdy nová digitální technologie postupně vytlačuje analogovou filmovou surovinu.

1 TECHNOLOGIE SNÍMÁNÍ A ZÁZNAMU

V této kapitole se snažím vysvětlit, jakých technických prostředků a postupů se využívá pro snímání obrazu pomocí digitálních filmových kamer. Rozeberu a objasním jednotlivé snímací systémy včetně rozdílů mezi jednotlivými technologiemi. Následně se pak zaměřím na interní zpracování a práci s obrazovými daty (barevné vzorkování, komprese a finální záznam těchto dat).

1.1 Historie digitální kinematografie

Digitální technologie se začaly zapojovat do filmového procesu pozvolna. Bylo však jen otázkou času, kdy výpočetní výkony počítačů budou schopny zpracovávat potřebné množství dat. Prvně byla digitální technologie využita na postprodukcí velkých celovečerních filmů. V této době ale ještě málokoho napadlo, že by se film dal nasnímat digitálně. I přesto, že se na trhu už objevovaly digitální kamery, jejich obrazová kvalita nebyla dostatečná. S nástupem systémů ve vysokém rozlišení (HDTV) byly světu představeny nové typy kamer, které již přinášely dostatečnou kvalitu. Bylo jen otázkou času, kdy někdo tuto technologii začne využívat ve větší míře. Snad největším průlomovým počinem byl film „Hvězdné války – Epizoda II.“ (2002), kdy George Lucas poprvé použil celý HD digitální řetězec. Ukázal tak světu, že i velký hollywoodský projekt lze natočit bez použití filmové suroviny. V Evropě lze za průkopníka v tomto směru považovat francouzský film *Vidocq* (Fantom Paříže, 2001) s Gérardem Depardiem v hlavní roli. U nás pak prvním celovečerním filmem natočeným za pomoci digitální technologie byl snímek „Děvčátko“ (2002). Tento film byl natočen v záznamovém formátu HDCAM kamerou od firmy Sony. Za zmínku také stojí některé průkopnické projekty z minulosti, natočené na digitální kamery formátu DV a DVCAM, jako například *Anděl Exit* (2000). Bohužel kvůli systému PAL a velmi nízkému rozlišení zde nelze mluvit o kvalitním technickém výsledku využitelném pro promítání v kině.

1.2 Polovodičové snímací prvky

Jednou z nejdůležitějších součástí každé digitální kamery jsou polovodičové snímací prvky. Ty zabezpečují analogově-digitální převod signálu. Jinak řečeno: světelné paprsky, které dopadají přes objektiv kamery na tento světlocitlivý čip, se pomocí něj převádí na sled digitálních impulsů, se kterými jsme pak schopni dále pracovat. Tento čip bývá

založený na technologii CCD nebo v dnešní době stále více používaný s CMOS technologií. Na jeho kvalitě je do značné míry závislá kvalita výsledného obrazu.

1.2.1 CDD technologie

CCD (Charge-Coupled Device) v překladu označuje prvek s vázanými náboji, který se ke snímání obrazu používá již desítky let. Jde o významně propracovanou technologii, která má spoustu výhod. Na druhou stranu ale nelze zamlčet i některé nevýhody. Snímací čip představuje strukturu světlocitlivých elementů, tzv. pixelů, které svým uspořádáním tvoří pravidelnou mřížku. Tyto elementy při reakci se světlem produkují elektrický náboj. Data jsou pak čtena po jednotlivých řádcích mimo samotné světlocitlivé buňky čipu na principu posuvného registru. Tímto způsobem je postupně vyčítán řádek po řádku. Načtené řádky pokračují přes zesilovač do analogově-digitálního převodníku, kde se převedou na digitální data. Protože je zesílení aplikováno na celý řádek, nemají CCD čipy příliš velký šum. Zesilovače a A/D převodníky však vyžadují napájení, proto mají všeobecně CCD čipy oproti CMOS čipům větší spotřebu. Zvyšují se tak i rozměry a nepřímo i náklady na výrobu. Nicméně CCD čipy nabízejí velmi dobrou kvalitu obrazu a nižší úroveň šumu.

1.2.2 CMOS technologie

CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) technologie je používána na převážnou výrobu integrovaných obvodů. Výrobní náklady jsou proto mnohem menší než u CCD čipů. Z tohoto důvodu se v poslední době začínají ve větší míře využívat. Výrobci s úspěchem potlačili většinu neduhů této technologie při zachování jejich výhod-mnohem nižší spotřeba než u CCD čipů.

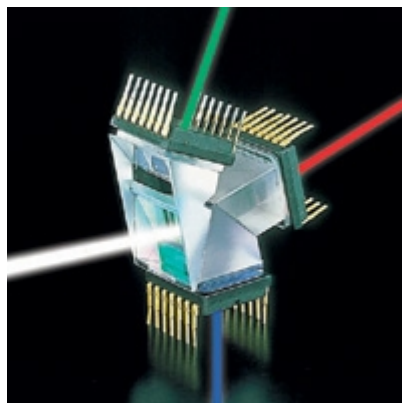
CMOS čipy se dělí na pasivní (Passive Pixel Sensor) a aktivní (Active Pixel Sensor). Pasivní čipy jsou tvořeny pouze fotodiodami. Aktivní čipy pak mají u každé buňky rovněž zesilovač a obvod odstraňující šum. To je také důvod, proč mají méně šumu než pasivní čipy. I přesto ale bývá celkový šum větší než u CCD čipů. Dalším důvodem většího šumu u CMOS čipů je fakt, že tyto zesilovače jsou umístěny v blízkosti samotné fotodiody. U CCD čipů se zesilovače nachází mimo samotný snímací čip, tím vzniká menší rušení i šum. Díky struktuře CMOS čipu, kdy máme maticově přístup ke každé jednotlivé buňce, můžeme velmi jednoduše vyčítat jen určitou oblast čipu. Naproti tomu u CCD čipu musíme kvůli výřezu vždy vyčítat všechny buňky. To sebou nese vyšší nároky na

zpracování dat. Přesto všechno u CMOS technologie zůstává velkou nevýhodou postupné vyčítání jednotlivých buněk. Tato nepříjemná skutečnost, kdy mezi prvním a posledním načteným řádkem vzniká časová prodleva, se v praxi projevuje deformací nasnímaného obrazu. Příkladem mohou být rychlá horizontální panoramata nebo rychle se točící předměty ve scéně, například ventilátor. Na výsledném obraze pak můžeme pozorovat, že nasnímané kolmice jsou nakloněné a v případě ventilátoru je vrtule deformovaná. Stejný problém budeme mít i v případě snímání scény osvětlené bleskem.

1.2.3 Snímání barevného obrazu

Výše popsanými technologiemi jsme schopni zachytit jen informaci o intenzitě dopadajícího světla, tedy jen černobílý obraz. Proto pro barevné snímání musíme použít některou ze speciálních technologií.

Velmi často se využívá trojice čipů. Každý jednotlivý čip pomocí patřičného filtru snímá jednu barevnou složku (červenou, modrou nebo zelenou). Tyto čipy jsou nalepeny na speciálním skleněném hranolu, který obsahuje polopropustnou soustavu dichronických filtrů, jež mají za úkol rozdělit světelné spektrum na jednotlivé barevné složky. Ve výsledku tak dostáváme plnohodnotnou digitální barevnou RGB informaci.

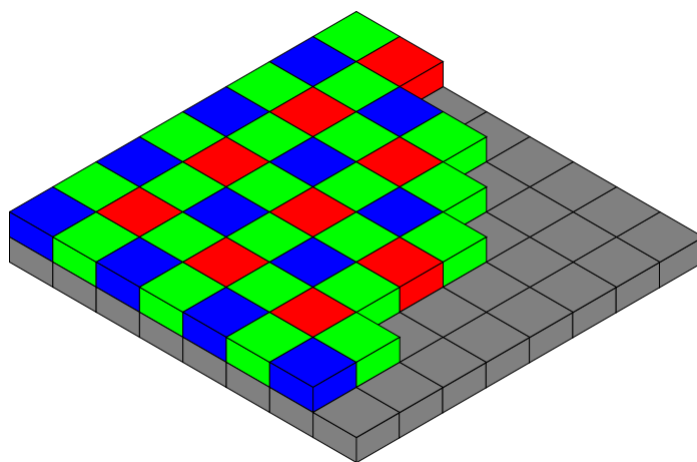


3 CCD čip

U jednočipových systémů si musíme pomoci tím, že před každou jednotlivou buňku čipu umístíme patřičný barevný filtr. Tuto matici tvoří 50% zelených, 25% červených a 25% modrých filtrů. Obraz je načten běžným způsobem. Teprve až v dalších obvodech se výsledné barvy jednotlivých pixelů vypočítají interpolací z nejbližších okolních pixelů.

Tento způsob si patentoval Bryce Bayer z firmy Eastman Kodak v roce 1957. Proto se všeobecně používá označení Bayerův filtr.

Zde je potřeba si uvědomit, že takto nasnímaný obraz neobsahuje plnohodnotnou barevnou RGB informaci. Mnozí výrobci proto používají čipy s větším počtem pixelů (například firma ARRI u kamery Arriiflex D21 používá čip s rozlišením 2880x2160 pixelů). Z tohoto čipu pak ve výsledku interpolací dostává plnohodnotnou barevnou RGB informaci v rozlišení 1920x1080 pixelů.



Snímací čip s Bayerovým filtrem

Další možností u jednočipových kamer je využití čipu, který obsahuje vždy trojici RGB pixelů umístěnou vedle sebe. Čip pak má v horizontální rovině 3x větší rozlišení než je pro výsledný obraz potřeba, tedy 5760x1080 pixelů pro výsledný obraz v rozlišení 1920x1080 pixelů. Tato alternativa se využívá u kamer Panavision Genesis a Sony F35.

1.2.4 Velikost snímacích čipů a hloubka ostrosti

Výrobci digitálních filmových kamer se stále ve větší míře snaží používat snímací čipy stejné velikosti, jako má políčko u 35 mm filmu. Jedním z důvodů je to, že velký čip produkuje daleko menší šum. Důležitější roli ale hraje fakt, že při stejné velikosti čipu dostaneme stejnou hloubku ostrosti jako má 35 mm film. Tato hloubka ostrosti (anglicky Depth Of Field) je přímo závislá právě na velikosti snímacího čipu. Abychom u kamer s menším čipem dosáhli stejné hloubky ostrosti, musíme použít filmový adaptér. Součástí adaptéru je matnice, na kterou se promítá obraz ve stejné velikosti, jako kdyby byl exponován na 35 mm film. Z této matnice je pak obraz snímán vlastní digitální kamerou.

Matnice navíc vibruje a její speciálně upravený povrch simuluje filmové zrno. Dnes na trhu najdeme několik typů i značek s různou kvalitou i cenou.



Pro35 Image Converter od firmy P+S Technik

1.3 Pixel, rozlišení

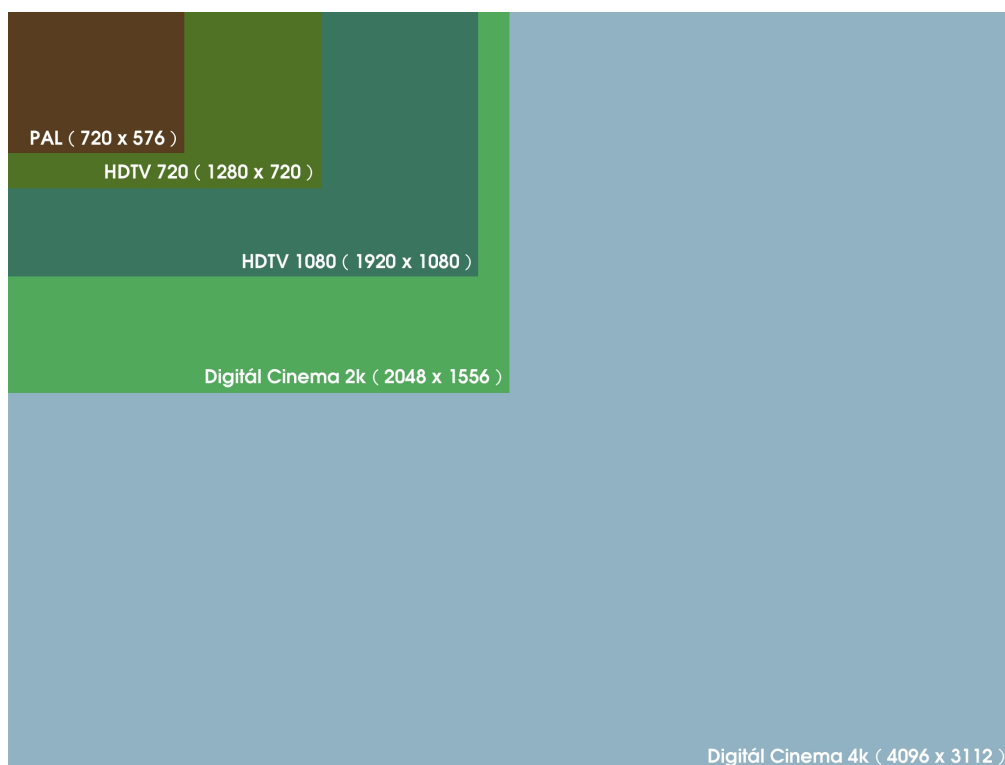
V digitálním světě představuje základní jednotku obrazu bod - pixel (zkratka z anglického „picture element“ - obrazový prvek). Jak už bylo řečeno, z jednotlivých pixelů - obrazových bodů - je tvořena pravidelná mřížka, na kterou je promítán obraz přes objektiv kamery. Každý tento jednotlivý pixel pak snímá úroveň jasu a barvy dopadajícího světla.

Pro výslednou kvalitu obrazu jsou pro nás důležité dvě veličiny - celkové rozlišení a bitová hloubka. Rozlišení udává kolik pixelů celkově obsahuje snímací prvek. To má přímý vliv na ostrost výsledného obrazu, jelikož čím více je obrazových bodů, tím dostáváme větší ostrost.

Jako základní rozlišení by nám pro porovnání mohla sloužit stará, ale stále ještě používaná televizní norma PAL se svými 720x576 body. Toto rozlišení je však natolik nízké, že se pro digitální kinematografii nehodí. Situace se výrazně změnila s příchodem formátu HDTV. High definition television označuje vysílání televizního signálu ve vysokém rozlišení. Takovýto obraz má přibližně 5x více obrazových bodů, a proto ho pro potřebu digitální kinematografie můžeme označit za vyhovující. U HDTV se ve většině případů používají formáty 1080/50i, 1080/25p, (1920x1080 pixelů) a 720/25p, 720/50p (1280x720 pixelů). První hodnota označuje počet používaných řádků. Druhé číslo udává počet snímků

za jednu sekundu. Písmenko naznačuje, zda jde o interlace (prokládané) nebo progresivní (neprokládané) snímání.

Dalším možným rozlišením je tzv. 2k (2048x1556 pixelů), které se využívá především v digitální postprodukcí filmů. Poslední rozlišení představuje 4k (4096x3112), které jako jediné jednoznačně převyšuje svou kvalitou možnosti 35 mm filmové suroviny.



Porovnání jednotlivých nejpoužívanějších rozlišení

Bitová hloubka vyjadřuje, kolik úrovní jsme schopni rozlišit na jednom pixelu. Čím jemnější bude tato stupnice, tím lepší výsledek ve skutečnosti dostaneme. Snímací části u profesionálních kamer pracují s 10 bity, což odpovídá 1024 úrovním, s 12 bity odpovídající 4096 úrovním nebo s 14 bity - 16384 úrovní. Elektronika kamer navíc dokáže efektivně zpracovávat tyto data dříve, než se jakkoliv komprimují a následně zaznamenávají. Přímou tak můžeme ovlivnit kvalitu snímaného obrazu.

Porovnání s filmovou surovinou není vůbec jednoduché. Citlivá vrstva filmu je tvořena náhodným rozmístěním elementů halogenidů stříbra, což vytváří známé filmové zrno. Ve skutečnosti i při natáčení statické scény nebudou nikdy všechna políčka filmu stejná.

Z technických specifikací filmového materiálu můžeme podle odhadů zjistit, že každé políčko 35 mm filmu obsahuje čtyři až šest a půl milionu krystalů halogenidů stříbra, což odpovídá rozlišení mezi 2k a 4k.

2 DIGITÁLNÍ DATA

Obrazový čip poskytuje při snímání neuvěřitelné množství digitálních informací. Abychom byli schopni všechna data v reálném čase zpracovat a následně ukládat, používáme výpočetní algoritmy, které redukuje tento datový tok.

2.1 Datové toky nekomprimovaného videa

Digitální data z obrazového snímacího čipu obsahují plnohodnotnou obrazovou RGB informaci. Jedná se o nekomprimované video bez jakékoliv degradace obrazu. Datovým tokem (anglicky bit rate) rozumíme počet těchto informací v závislosti na čase (bajtech za jednu sekundu (B/s)). Pro zjednodušení se používají standardní jednotky jako kilo, mega, tera. Datový tok lehce vypočítáme, pokud známe rozlišení, bitovou hloubku, a počet snímků za jednu sekundu. Při rozlišení 1920x1080, 8 bitech a 25 snímcích za sekundu nám vyjde datový tok neuvěřitelných 148 MB/s. K výsledku se dostaneme tak, že vypočítáme počet jednotlivých pixelů v obraze ($1920 \times 1080 = 2073600$), ty vynásobíme třemi (3 barevné kanály RGB), dále vynásobíme osmi (barevná hloubka) a nakonec vše vynásobíme 25 (tedy počtem snímků za sekundu).

$$1920 \times 1080 = 2073600 \times 3 \times 8 \times 25 = 1244160000 \text{ bit/s} = 148 \text{ MB/s}$$

Následující tabulka porovnává, jak se mezi sebou liší jednotlivé datové toky nekomprimovaných videí při 25 snímcích za jednu sekundu.

Typové označení	Rozlišení	Bitová hloubka	Datový tok (MB/s)
HD	1920x1080	8	148,31
HD	1920x1080	10	185,39
HD	1920x1080	12	222,47
2k	2048x1556	8	227,92
2k	2048x1556	10	284,91
2k	2048x1556	12	341,89
4k	4096x3112	8	911,71
4k	4096x3112	10	1139,64
4k	4096x3112	12	1367,57

2.2 Komprimace RGB signálu

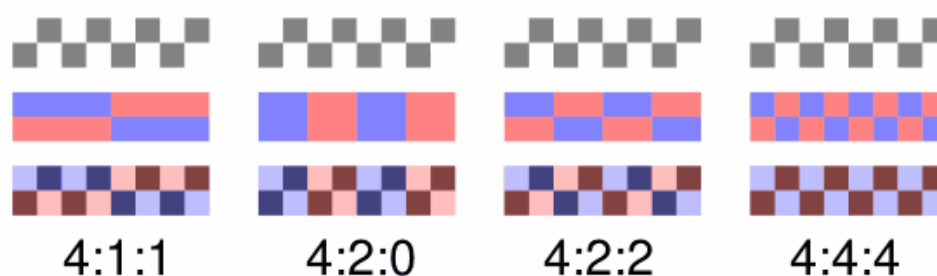
Pro přenos, zpracování a záznam video signálu by bylo nejlepší nepoužívat žádnou komprimaci, tak by totiž nedocházelo k degradaci obrazu. Bohužel datová náročnost je natolik velká, že použití komprimačních technologií je v dnešní době stále nutností. Řada současných technologií komprese signálu souvisí s některými historickými rozhodnutími v souvislosti se spuštěním černobílého televizního vysílání. V prvopočátku byla přenášena jen jasová složka, až později se k ní přidal i barevný signál. Ten se ale musel vejít do značně omezeného pásma, které bylo původně určené pro černobílou televizi. Navíc bylo třeba zachovat původní kompatibilitu s již existujícími přístroji. Proto bylo rozhodnuto, že se pro přenos signálu použije barevný prostor YCbCr, tedy tzv. Color Opponent System. Tento barevný prostor nezaznamenává barvu jako RGB hodnoty, ale jako jasovou složku Y a dvě barvonosné složky Cb a Cr.

Podobně se inspirovali i autoři vyvíjející formáty pro digitální snímání a záznamovou techniku. Bylo potřeba řešit stejný problém: digitální přenosové cesty a záznamová zařízení jsou omezené, proto je třeba efektivní komprese již na úrovni záznamu signálu. Velký datový tok vstupního RGB signálu se musí chytře barevně převzorkovat tak, aby nedošlo k výrazné újmě na barevné informaci a zároveň aby ale došlo k významnému snížení digitální dat. I přesto však přímé barevné převzorkování RGB signálu vede vždy k degradaci barev. Mnohem efektivnější je tedy provádět tuto degradaci v jiném barevném prostoru. V této souvislosti se nabízí YUV prostor, který sice není optimální, ale vzhledem k návaznosti na ostatní televizní systémy představuje opravdu nejvhodnější volbu. Práce s oddělenou jasovou a barevnou složkou se dodatečně ukázala jako výhodná i pro implementaci řady filtrů a speciálních algoritmů při postprodukci videa. V neposlední řadě stojí za zmínku, že i psychofyzické studie vnímání barev lidským okem potvrdily správnost použití YUV prostoru.

2.3 Vzorkování YUV barev, 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0

Vzorkováním YUV označuje způsob komprimace, kdy snižujeme rozlišení barevného signálu vůči jasovému. Pro toto označení se používají číselné zkratky v notaci A:B:C, které charakterizují způsob barevného vzorkování složek U a V k jasové složce Y. První číslice

notace představuje složku Y, ostatní dvě poměr vzorkování U a V složek. Označení 4:4:4 tedy znamená, že všechny komponenty signálu jsou vzorkovány shodně a nedochází tedy k degradaci barevného signálu. Bohužel se toto označení používá jak v souvislosti s RGB prostorem, tak s YUV prostorem, což může vést k nesprávné interpretaci. V profesionálním video a TV světě se 4:4:4 automaticky pokládá za nekomprimovaný RGB signál. V profesionální sféře se nejčastěji setkáme s poměrem vzorkování 4:2:2 nebo přesněji YUV 4:2:2 (barevný signál je oproti jasovému dvojnásobně převzorkován). V praxi to znamená, že barvonosný signál má v horizontální rovině poloviční rozlišení. Například v případě signálu full HD 1920x1080 pixelů má barvonosná složka rozlišení 960x1080 pixelů. Tento princip se používá ve většině profesionálních záznamových zařízení. Degradace barevného signálu je v podstatě minimální a běžný pozorovatele tuto změnu prakticky nerozezná. Datový tok je přitom znatelně redukován. Například u spotřební elektroniky se setkáváme se vzorkováním 4:2:0. Barvonosný signál je zde poloviční, a to jak u horizontálního, tak i vertikálního rozlišení. Na čtveřici jasových bodů je tedy aplikována jen jedna barevná informace. Existují samozřejmě i další zažitá označení, jako například 4:1:1 (čtyři obrazové body vedle sebe mají jen jednu barvu). V případě HDCAMu se objevuje 3:1:1, kde dochází nejen k výrazné redukci barev, ale i jasové složky (z 1920 na 1440 pixelů). Kromě označení YUV se můžeme také setkat s označením Y/Pb/Pr, YPrPb, PrPbY, Y/R-Y/B-Y, Y(R-Y)(B-Y), Y, R-Y, B-Y a PbPrY.

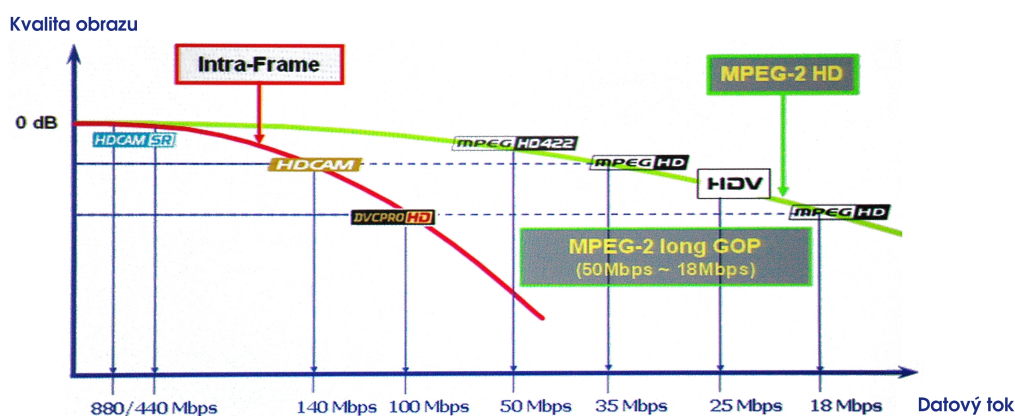


2.4 Komprese obrazových dat

I v případě, že použijeme převzorkování barev, zůstává datový tok stále vysoký. Proto na tato data aplikujeme inteligentní kompresní algoritmy. Protože potřebujeme, aby tyto algoritmy byly co nejúčinnější, pracujeme s takzvanou ztrátovou kompresí. Znamená to, že

se nám ve výsledku nikdy nepodaří dostat zpět stejná obrazová data, která jsme měli před komprimací. Dochází zde k určité ztrátě kvality, která je přímo úměrná kompresnímu poměru. To je číslo udávající poměr mezi velikostí souboru před a po komprimaci (1:2 - malá komprese nebo až 1:25 - velká komprese). Roli zde také hraje fakt, zda je digitální signál komprimován interframe nebo intraframe. Při interframe (snímkovém) kódování je vždy komprimován a samostatně uložen každý jednotlivý snímek. Interframe (mezisnímkové) kódování je založeno na jiném principu, který vychází ze známé skutečnosti, že ve většině případů je následující obrázek filmu podobný tomu předcházejícímu. To je důvod, proč najednou kódujeme několik po sobě jdoucích obrázků a zaznamenáváme jen rozdíly mezi nimi. Takto vzniklou skupinu obrázků nazýváme GOP (z anglického Group of Pictures). Tato skupina obsahuje snímky typu I, B a P. Snímek I (intra frame) neboli klíčový snímek je na začátku celé skupiny a obsahuje úplnou obrazovou informaci. V podstatě se jedná o klasický jpg snímek. Kromě toho GOP obsahuje snímky pomocné P (predicted), které se ukládají zkomprimované (mezisnímková komprese) a přenášejí pouze rozdíly oproti I snímkům. Tyto dva typy snímků jsou pak proloženy ještě třetím typem snímků B (bidirectional predicted), který se přenáší buď silně zkomprimován (také mezisnímkovou kompresí), anebo se nepřenáší vůbec. Pořadí snímků pak například může vypadat následovně: IBBPBBPBBPBBPBBPBB. Velkou výhodou tohoto kódování je vyšší kvalita obrazu při nižším datovém toku. Interframe kódování například používají nám dobře známe MPEG soubory.

Jako součást kódovacích algoritmů se ve většině případů využívá diskrétní kosinová transformace - DCT, která převede původní data do jiných domén, například z časové do frekvenční. Většina důležitých informací je uchována v mnohem menším objemu než původně. Pokud zbytek chybějících dat nahradíme nějakými předem známými nebo vypočitatelnými daty, tak se po zpětné transformaci budou velmi podobat datům původním. Obrazová kvalita je také velmi závislá na použitém algoritmu. Díky dnešním vysokým výpočetním výkonům si můžeme dovolit použít lepší a kvalitnější kompresní algoritmy, příkladem může být MPEG-4. Celý proces kódování je oproti MPEG-2 až 8x složitější, nicméně při zachování stejné obrazové kvality můžeme snížit datový tok až o 40 %.



Graf závislosti kvality obrazu na použité kompresi a datovém toku

2.5 Záznamové formáty

Záznamový formát chápeme jako ucelený soubor technických parametrů - rozlišení, bitová hloubka, kodek, použité záznamové médium a podobně. Každý výrobce si vyvinul své vlastní záznamové formáty. Jeho snahou přitom je prosadit tento formát na trhu co nejvíce a získat tím převahu nad konkurencí. Díky dostupnějším moderním technologiím se v dnešní době stále více prosazují takzvané bezpáskové technologie. Pro záznam obrazových dat se používají paměťové karty, hard disky, optické disky atd. Níže uvádím nejznámější formáty pro záznam HD videa.

HDV - jde o formát pro širokou amatérskou veřejnost. Protože je kvalita obrazu dostatečná, najde uplatnění i v poloprofesionálních aplikacích. Používá digitální kazetu miniDV se 60 minutovým záznamem. Rozlišení obrazu je 1440x1080 bodů, komprese MPEG-2 s 25Mbit/s datovým tokem, 8 bitovou barevnou hloubkou a barevným vzorkováním 4:2:0.

AVCHD - bezpáskový formát pracující s MPEG-4 AVC/H.264 kompresí a volitelným datovým tokem od 5 do 24 Mbit/s. Rozlišení je 1920x1080 nebo 1440x1080 bodů v 8 bitové barevné hloubce a s barevným vzorkováním 4:2:0. Záznamovým médiem bývají většinou paměťové karty nebo hard disky. Stejně jako HDV najde tento formát uplatnění spíše mezi amatérskou veřejností.

DVCPRO HD - páskový formát firmy Panasonic. Podporované rozlišení je 720 i 1080 řádků v 8 bitové hloubce s barevným vzorkováním 4:2:2. Využívá kompresi DCT

intraframe s kompresním poměrem 6,7:1. Přesto, že zaznamenávaný datový tok je 100Mbit/s, je jasová složka převzorkována z 1920 na 1280 a barvonosná jen na 640 pixelů na řádek.

DVCPRO HD P2 - jde o nový bezpáskový formát založený na stejných principech jako DVPRO HD. Jediný rozdíl představuje speciální paměťová karta s označením P2.

ACV-INTRA 100 / ACV-INTRA 50 - kvůli nedostatečné obrazové kvalitě formátu DVCPRO HD přišla firma Panasonic s novým HD formátem. Na paměťové karty P2 se v datovém toku 100Mbit/s nebo 50Mbit/s zaznamenává obraz v rozlišení 1920x1080 pixelů. Použitým kodekem je MPEG-4 AVC/H.264 s intraframe kódováním v 10 bitové barevné hloubce s barevným vzorkováním 4:2:2.

XDCAM EX - nový bezpáskový formát od firmy Sony. Obrazová data se zaznamenávají na SxS Pro paměťové karty v interframe MPEG-2 kompresi. Můžeme natáčet v HQ 35Mbit/s datovém toku v rozlišení 1920x1080 nebo v SP 25Mbit/s v rozlišení 1440x1080.

XDCAM HD - bezpáskový formát firmy Sony. Záznamovým médiem je optický disk s kapacitou 50GB nebo 25 GB založený na technologii Blu-Ray. V nejvyšší kvalitě pak lze zaznamenat až 120 minut v rozlišení 1440x1080 pixelů v 8 bitové barevné hloubce s barevným vzorkováním 4:2:0. Používá se interframe MPEG-2 komprese ve třech datových tocích. HQ - 35 Mbit/s VBR, SP 25 Mbit/s CBR a LP - 18 Mbit/s VBR.

XDCAM HD422 - jde o vylepšenou verzi formátu XDCAM HD, která umí zaznamenat plné HDTV rozlišení 1920x1080 bodů. Datový tok je povýšen na 50 Mbit/s s barevným vzorkováním 4:2:2.

HDCAM je páskový formát uvedený firmou Sony v roce 1997. Jedná se o HD verzi komerčně úspěšného Digitálního Betacamu. Používá DCT kompresi s 8 bitovou barevnou hloubkou a barevným vzorkováním 3:1:1. Zaznamenávané rozlišení je 1440x1080 v datovém toku 144 Mbit/s.

HDCAM SR - vylepšená verze HDCAMu, která byla uvedena v roce 2003. Dokáže zaznamenat HD video ve dvou módech SQ a HQ. SQ mód pracuje s 10 bitovou barevnou hloubkou a s 4:2:2 barevným vzorkováním. Zaznamenávaný datový tok je 440 Mbit/s s kompresním poměrem pouhých 2,7:1. Druhý HQ mód dokáže zaznamenat plný barevný RGB obraz. V barevném vzorkování 4:4:4 datový tok dosahuje neuvěřitelných 880 Mbit/s s kompresním poměrem 4,2:1. HDCAM SR používá nový intraframe MPEG-4 SP kodek.



Sony HDCAM SR portable VTR - SRW-1

HDCAM SR 2.0 Evolution - tento nově ohlášený formát bude rozšiřovat stávající HDCAM SR. Především jde o nová rozlišení jako jsou 2k, 4k a formáty pro stereoskopické zobrazení. Budou také navýšeny záznamové datové toky. Jako záznamová média budou stále podporovány kazety a nově také SR paměťové karty, které budou mít přenosovou rychlost až 5 Gb/s s kapacitou až 1TB.

2.6 Raw data

Další cestou jak zlepšit kvalitu zaznamenávaných dat a zvýšit možnosti v postprodukčním řetězci je ukládat tzv. surová raw data přímo z obrazového čipu kamery. V tomto případě nedochází k téměř žádnému zpracování interními elektronickými obvody kamery (například White balance, Gamma korekce, ostrost obrazu a podobně). Obraz zůstává zaznamenán v plném jasovém a barevném rozsahu tak, jak je zachycen čipem kamery. Veškeré operace s obrazovými daty pak provádíme až následně při stříhu a úpravě videa - greadingu. To nám přináší daleko širší pole působnosti při úpravě obrazu než je tomu u klasického záznamu, kde například špatné nastavení bílé nemůžeme už nikdy vrátit. Tento způsob ukládání dat využívá kamera Red One a její Red Raw kodek. Nově se k ní přidala také společnost Arri se svým kodekem Arri Raw. Na druhou stranu je práce s těmito daty náročnější. Ne všechny stříhové a postprodukční programy totiž dokáží tyto data nativně zpracovávat. Pro doplnění je potřeba říct, že i tato Raw data jsou kvůli snížení datového toku a jednoduššímu záznamu komprimována.

2.7 Nano Flash HD/SD recorder

Levnější alternativu představuje záznam obrazu na externí zařízení. Touto cestou můžeme obejít méně kvalitní záznamový formát kamery a využít lepších kompresních algoritmů a vyšších datových toků. Za cenu necelých 3000\$ lze pořídit malý záznamový rekordér, který dokáže zaznamenat obraz ve velmi vysoké kvalitě z HD-SDI výstupu kamery. Tato obrazová kvalita je v mnohém lepší než již dříve zmiňované záznamové formáty. Pro kompresi obrazu se využívá technologie od firmy Sony s kompresním algoritmem MPEG-2. Na výběr máme jak interframe kódování při datovém toku od 18Mbit/s do 180Mbit/s, tak i intraframe kódování od 100Mbit/s až po neuvěřitelných 280 Mbit/s. Záznam dat se provádí na dvojici běžně dostupných Compact Flash paměťových karet. Díky vysokým datovým tokům je obrazová kvalita vynikající.



Nano Flash HD/SD recorder

3 FILMOVÉ DIGITÁLNÍ KAMERY

V této kapitole uvádím výčet jednotlivých filmových digitálních kamer, které jsou celosvětově používané nejen pro natáčení celovečerních filmů, ale i pro ostatní filmovou tvorbu. Nemělo by jít jen o jednoduchý přehled parametrů, ale seznam by měl sloužit pro orientaci v jednotlivých modelech, technických parametrech a rozdílných specifikacích. Ty by pak měli pomoci filmařům ke správnému rozhodnutí - vhodnému výběru konkrétní kamery pro jejich filmový projekt.

3.1.1 Sony HDW-F900R

Tento typ kamery je nástupcem Sony HDW-F900, se kterou George Lucas natočil v roce 2002 pokračování svých Hvězdných válek. Tímto počinem ukázal, že je možno velkofilmové natáčení digitálně.

Pro snímání kamera používá trojici Hyper HAD CCD čipů velikosti 2/3 palce s full HD rozlišením 1920x1080 pixelů. Pro digitální zpracování obrazových dat používá 12 bitový analogově-digitální převodník. Součástí kamery je záznam ve formátu HDCAM. Pro lepší kvalitu zaznamenaného obrazu je ale výhodnější použít HD-SDI výstup (4:2:2 10 bit) s externím záznamem, například rekordérem Sony SRW-1 HDCAM SR nebo levnější variantu Nano Flash atd. Nastavení gamma křivky je možné v modu S-LOG, Hypergamma nebo standardním uživatelském nastavení. Ke kameře použijeme objektiv s bajonetem Sony B4.

Z praktického hlediska je kamera pro svou kompaktnost vhodná pro většinu produkcí.

Kamera HDW-F900R byla součástí praktického obrazového testu.

3.1.2 Sony SRW-9000

Novinkou na poli digitálních kamer od společnosti Sony je i tento model. Velkou výhodou je, že součástí kamery je i velmi kvalitní záznam ve formátu HDCAM SR. Odpadá tak nutnost použití externího záznamu a tím pádem je i celkové užívání při natáčení jednodušší, například se steadicamem.

Pro snímání kamery používá trojici CCD čipů velikosti 2/3 palce s full HD rozlišením 1920x1080 pixelů. Pro digitální zpracování obrazových dat využívá 14 bitový analogově-digitální převodník. V ostatních parametrech je velmi podobná předchozímu

zmiňovanému modelu. Společnost Sony nově oznámila, že u všech těchto kamer bude pomocí konverzního kitu měnit 2/3 snímací čip za full size 35 mm čip. Kromě toho bude možné vyměnit i kazetovou mechaniku za novou kartovou mechaniku pro záznam nového záznamového formátu HDCAM SR 2.0 Evolution.



Digitální filmová kamera Sony SRW-9000

3.1.3 Sony PDW-700 / PDW-800

Jako předchozí kamery i tyto kamery pro snímání používají trojici CCD čipů velikosti 2/3 palce ve full HD rozlišení 1920x1080 pixelů. Čipy mají technologii Power HAD FX. Pro digitální zpracování obrazových dat se používá 14 bitový analogově-digitální převodník. Ke kameře použijeme objektivы s bajonetem Sony B4. Součástí kamery je záznam ve formátu XDCAM HD422, ale i tady lze využít HD-SDI výstup pro externí obrazový záznam. Stejně jako kamera Sony HDW-F900R je i tato kamera pro svou kompaktnost vhodná pro většinu produkcí.

Kamera PDW-700 byla součástí praktického obrazového testu.

3.1.4 Sony F35

Na posledním místě z výčtu kamer od společnosti Sony uvádím právě tuto kameru, protože je nejvyšším nabízeným modelem a je primárně určena pro nejvyšší možnou výstupní obrazovou kvalitu. Tomu odpovídá nejenom vysoká cena, ale především technické parametry. Základ tvoří jeden snímací progresivní CCD čip. Tento čip nepoužívá Bayerův

filtr, ale získává barevnou informaci pomocí trojice RGB pixelů. Celkové rozlišení čipu je tedy 5760x2160 pixelů. Výsledným efektivním rozlišením v plnohodnotné barevné informaci RGB 4:4:4 je full HD 1920x1080 pixelů. Jako jediná ze zmiňovaných kamer od společnosti Sony má full frame snímací čip o stejné velikosti jako filmové Super 35 mm políčko. Umožňuje natáčení až 50 obrázků za sekundu v plném full HD rozlišení. Samozřejmostí je nastavení gamma křivky v modu S-log a Hypergamma. Kamera disponuje klasickým PL bajonetem, tím pádem k ní mohou být přímo připevněny klasické filmové PL objektivy. Pro digitální zpracování obrazových dat používá 14 bitový analogově-digitální převodník. Záznam obrazu je pak realizován ve formátu HDCAM-SR za pomoci záznamové jednotky Sony SRW-1. Je také možno použít dual-link HD-SDI výstup s plnohodnotnou nekomprimovanou RGB 4:4:4 obrazovou kvalitou.

Kvůli své vyšší velikosti a hmotnosti je tato kamera určena spíše pro větší produkce s větším rozpočtem. Převážně tedy najde uplatnění při celovečerních filmech a náročnějších reklamách.



Digitální filmová kamera Sony F35

3.1.5 Panavision - Genesis

Tato kamera je výsledkem pokračující spolupráce se společností Sony (prvním výstupem byla již zmiňovaná kamera Sony HDW-F900). Proto je také svými parametry velmi podobná kameře Sony F35. Má stejně velký progresivní CCD čip o celkovém rozlišení 5760x2160 pixelů. Výsledné efektivní rozlišení v plnohodnotné barevné informaci RGB 4:4:4 je pak ve full HD 1920x1080 pixelů. Kamera je uzpůsobena k použití se všemi existujícími sférickými objektivy Panavision a stejným příslušenstvím jako filmové kamery téže značky. K záznamu obrazu lze použít záznamovou jednotku Sony SRW-1 nebo nově Panavision SSD solid state recorder. Jedná se o paměťový záznam v plném obrazovém rozlišení. Na výběr je pak několik záznamových módů: nekompresní 4:4:4 RGB SP a dva kompresní 4:2:2 YUV SP a 4:2:2 YUV LP. Díky záznamu do vnitřní paměti je jednotka malá a lehká. Neobsahuje žádné mechanické díly, a proto je záznam velmi bezpečný. Jedinou nevýhodu představuje omezená délka záznamu, která je přibližně 21 minut v nejlepší obrazové kvalitě.

Na firemních stránkách se pak můžeme dočíst, že kamera poskytuje podobný dynamický rozsah, podobnou citlivost a srovnatelnou ostrost jako klasický analogový 35 mm film. Na adrese http://media.panavision.com/ScreeningRoom/Screening_Room/Box_Office.html najdeme ke shlédnutí komparační test kamery Genesis a klasického 35 mm filmu. Test byl natáčen v prostředí kaňonu za slunečného dne, kde se měnily světelné podmínky (stín a přímé sluneční světlo). Navíc byly při testu použity čtyři jedoucí auta různých barev. Celkové výsledky jsou si velmi podobné.

Podobně jako předchozí kamera Sony F35 je i tato kamera určena spíše pro větší produkce s vyšším rozpočtem.

3.1.6 Arriflex D-21

Světově uznávaná společnost Arri s devadesátiletou tradicí využila svých bohatých zkušeností při vývoji digitálních kamer. První kameru Arriflex D-20 představila v roce 2005 a v roce 2008 uvedla kameru Arriflex D-21. Základ obrazové části tvoří jeden CMOS čip s Bayerovým filtrem. Rozlišení je 2880x2160 obrazových bodů a velikost čipu se shoduje s filmový Super 35 mm políčkem. Kamera disponuje klasickým PL bajonetem, tudíž k ní mohou být přímo připevněny filmové PL objektivy. Unikátní záležitostí je optický hledáček, který je stejný jako u klasických 35 mm kamer. Nepoužívá se tedy žádný

digitální hledáček, jako je tomu u ostatních digitálních kamer. Tento hledáček uvítají zejména kameramani, kteří jsou zvyklí točit na filmové 35 mm kamery. Stejně tak i závěrka je mechanická a nikoli elektronická. Výstupních formátů nabízí kamera hned několik. Rozdělit se dají na dvě základní kategorie - datový mód a HD mód. V datovém módu se obraz zaznamenává v rozlišení 2880x2160 bodů v 12 bitové barevné hloubce v podobě nekomprimovaných RAW dat - ARRIRAW. V HD video módu točí kamera v poměru stran 16:9 s výstupním rozlišení 1920x1080 pixelů, a to buď v plné barevné hloubce RGB 4:4:4 v 10 bitech nebo pak YUV 4:2:2 10 bitech. Tento záznam je možný přes dual-link HD-SDI. Nejčastěji bývá tato kamera propojena se záznamovou jednotkou Sony SRW-1 ve formátu HDCAM SR. Pro získání obrazu s poměrem stran 1:2,35 ve speciální modu Mscope, je také možné použití anamorfických objektivů. Tato kamera je tak jedinou digitální kamerou, která dokáže opravdu natáčet anamorficky. Využívá se při tom plné velikosti snímacího čipu, který je ve skutečnosti v poměru stran 4:3. Navíc při tomto anamorfickém záznamu je obraz natáčen s dvakrát větším vertikálním rozlišením. Tím dostáváme daleko lepší obrazovou kvalitu než při normálním natáčení, kdy je příslušného formátu dosahováno maskováním. Společnost Arri má nejenom vyřešen záznam takového formátu, ale i celou následnou postprodukcí.

Velikost kamery a hlavně velký externí záznam v podobě záznamové jednotky Sony SRW-1 dělá kameru méně kompaktní, a tak stejně jako předešlé kamery je i tato kamera určená spíše pro větší produkce s vyšším rozpočtem - převážně pro celovečerní filmy a náročnější reklamy.

Kamera Arri D-21 byla součástí praktického obrazového testu.

Během druhé poloviny roku 2010 Arri ohlásila uvedení tří nových digitálních kamer pod názvy Arri A-EV, Arri A-EV Plus a A-OV Plus. Velkou výhodou nových modelů bude záznam přímo v těle kamery. Odpadne tak problém s externím záznamem, který byl ve většině případů omezením při natáčení. První dva modely mají 16:9 CMOS čipy s rozlišením 3072x1728 pixelů a elektronické hledáčky, třetí zmiňovaný model pak i CMOS čip s poměrem stran 4:3 s rozlišením 3392x2200 pixelů a optickým hledáčkem.



Digitální filmová kamera Arriflex D21

3.1.7 Red digital cinema camera company - Red One

Tuto kameru není potřeba nijak zvlášť představovat. Stala se legendou ještě dříve než se začala sériově vyrábět a prodávat. Do té doby neznámá firma předvedla světu, že umí vyrobit kvalitní digitální kameru za velmi přijatelnou cenu. Ke snímání obrazu používá 12 Mpix CMOS čip s Bayerovým filtrem o velikosti 24,4x13,7 mm s 4520x2540 aktivními pixely. Čip má stejnou aktivní plochu jako okenička Super 35 mm filmové kamery. Snímací frekvence je od 1 do 30 obrázků v rozlišení 4k a od 1 do 72 obrázků v rozlišení 2K. Obrazová data se ukládají na paměťové karty - Red Flash, harddisk - Red Drive nebo do externího paměťového modulu Red-Ram s komprimací pomocí kodeku Redcode RAW. Datový tok je v rozlišení 4k při frekvenci 24 obrázku za sekundu okolo 27,5 MB/s (220 Mb/s), je tedy dostatečně nízký pro pohodlné ukládání v reálném čase.

I přesto, že vlastní tělo kamery je menších rozměrů, po doplnění nezbytným příslušenstvím se kamera stává objemnou, a proto bych ji osobně doporučil spíše pro větší produkce s vyšším rozpočtem.

Kamera Red One byla součástí praktického obrazového testu.

Společnost Red digital cinema camera company připravuje dvě nové digitální kamery pod názvy Epic, která bude zvládat až 5k rozlišení a Scarlet - malou kamerku s 2/3 palcovým čipem s rozlišením 3k.

3.1.8 Vision Research - Phantom HD

Tato série je v tomto výčtu trochu specifickou skupinou. Jedná se především o rychloběžné digitální kamery, které jsou schopny zaznamenávat obraz až několika tisíci okénky za sekundu. Vše je dáno především požadovaným výstupním rozlišením. Své uplatnění našli při výrobě reklam a všude tam, kde je potřeba výrazného zpomalení děje. Konkrétněji k modelu Phanto HD Gold: ten umožňuje zaznamenávat pomocí jednoho CMOS čipu velikosti filmového 35 mm políčka jak ve 2k rozlišení, tak i ve full HD rozlišení. Snímková frekvence je od 1-1539 obrázků za sekundu v rozlišení 1280x720. Při nejvyšší obrazové kvalitě 2048x1600 pak jen 540 obrázků za sekundu. Vše pak probíhá v 14 bitové barevné hloubce. Obrazové informace jsou zaznamenávány na interní paměť o velikosti 8 nebo 16 GB, případně na externí paměťový SSD rekordér Phantom CineMag o velikosti 256 nebo 512 GB, ten se dá připevnit přímo na tělo kamery a tvoří tak jeden kompaktní celek. Podobně jako u některých předchozích kamer zůstává samozřejmostí možnost použití PL filmových objektivů.

3.1.9 Dalsa Origin

Jde o digitální filmovou kameru, která jako první na světě v roce 2006 přišla s rozlišením 4k. CCD senzor v poměru stran 2:1 s rozlišení 4096x2048 snímá obraz pomocí Bayerova filtru. Kamera používá klasické PL filmové objektivy, a stejně tak jako Arri D-21, má optický hledáček. Pro digitální zpracování obrazových dat používá 16 bitový analogově-digitální převodník, což znamená největší bitovou hloubku ze všech zde zmiňovaných kamer. Data jsou ukládána nekomprimovaná do RAW souborů, popř. je možné k ukládání záznamů použít externích rekordérů. Čip je schopen zaznamenat rozsah jasů 12 EV, což je srovnatelné s rozsahem jasů filmové suroviny.

Kvůli své větší velikosti a hmotnosti je tato kamera určena spíše pro větší produkce s vyšším rozpočtem - převážně pro celovečerní filmy a náročnější reklamy.

3.1.10 Panasonic AJ-HPX3700

Kamera používá pro snímání trojici CCD čipů o velikosti 2/3 palce s full HD rozlišením 1920x1080 pixelů. Pro digitální zpracování obrazových dat využívá 14 bitový analogově-digitální převodník. Jako jediná z 2/3 kamer má velkou výhodu v duálním HD-SDI výstupu, jež umožňuje zaznamenat obraz v nekomprimované video kvalitě (RGB 4:4:4 10 bit) pomocí externího rekordéru. Interně pak obraz zaznamenává na paměťové karty P2 v kodeku AVC-Intra 100, popř. zvládá i starší Panasonic HD formát DVCPRO HD. Nastavení gamma křivky je možné v modu 10-bit Log (obdoba S-LOGu), Film-Rec gammě nebo standardním uživatelském nastavení. Ke kameře použijeme objektivy s bajonetem Sony B4.

Podobně jako všechny předcházející 2/3 kamery je z praktického hlediska pro svou kompaktnost vhodná pro většinu produkcí.

V neposlední řadě musím uvést, že seznam kamer není zdaleka úplný. Mým cílem nebylo sepsat kompletní seznam dostupných kamer, ale přinést co možná nejvíce reprezentativní vzorek nejpoužívanějších tipů. Trh s digitálními kamerami se navíc velmi rychle rozrůstá a výrobci se snaží každoročně zaujmout novými modely.

3.2 Ostatní možnosti získání obrazových dat

Digitální kamera nemusí být vždy jedinou alternativou, jak získat obrazová data. Jednou z možností je třeba použití digitálních fotografických zrcadlovek. Ty dosahují výborné výstupní kvality obrazu při použití jednotlivých snímků, například při realizaci loutkového filmu či při pixelizaci. Fotografie se pak postprodukčně spojí ve výsledný filmový záběr. Jedním z prvních, kdo použil tuto metodu u celovečerního filmu, byl známý režisér Tim Burton. Film „Mrtvá nevěsta“ z roku 2005 byl kompletně nasnímán full size frame digitální zrcadlovkou Canon. Celý tým si dal na výsledku velmi záležet a použil zcela nové pracovní postupy a technologie. Výsledná technická kvalita filmu je opravdu vynikající.

V posledním roce se navíc začala u digitálních zrcadlovek objevovat nová funkce - možnost natáčení video sekvencí. Můžeme tedy natáčet jednotlivé záběry stejně jako s digitální kamerou. Po zhlédnutí několika reklamních záběrů pořízených těmito zrcadlovkami, musím konstatovat, že záběry vypadají velmi pěkně a s přihlédnutím k ceně

vlastního těla se jedná o velmi příjemnou alternativu. Myslím si však, že práce s nimi bude poněkud složitější. Zrcadlovky totiž nejsou ergonomicky přizpůsobeny. Navíc i absence nastavitelného hledáčku nebo ovládání ostření a clony bude činit kameramanovi značné problémy.

Další možností je vygenerovat obrazová data virtuálně pomocí počítače. Současné 3D programy dávají produkčním týmům takřka neomezené možnosti. Některé takto vygenerované výstupy divák jen těžko rozeznává od reality. A lze předpokládat, že díky výkonnějším počítačům a celkové jednodušší uživatelské náročnosti na obsluhu 3D programů, se budou čím dál tím více používat ve filmové tvorbě. Není vyloučeno, že by v budoucnu mohli nahradit i reálné herce. V případech, kdy film není kompletně vyroben pomocí počítačové animace, jako například filmy studia Pixar, Disney a podobně, se v dnešních filmech ve většině případů využívá kombinací reálných záběrů se záběry počítačovými.

4 PRAKTICKÉ TESTY FILMOVÝCH DIGITÁLNÍCH KAMER

Tato kapitola je věnována praktickým testům některých zde zmiňovaných filmových digitálních kamer. Snahou bylo natočit několik různorodých scén za stejných podmínek, ve stejnou dobu, s co možná největším počtem kamer. Jednou z kamer pak byla filmová 35 mm kamera Arri, která sloužila jako standart - „srovnávací muštr“. Analogový 35 mm formát je stále brán jako nejlepší a nejkvalitnější záznamové médium pro filmovou produkci.

4.1 Testovaná technika

Pro testy se mi podařilo sehnat tuto techniku: kameru Arri 35 mm ve které byl založen film Kodak Vision 2 (Color Negative Film 100T/5212 pro umělé světlo 3200K), digitální kameru Arriflex D-21 s externím záznamem Sony SRW-1 ve formátu HDCAM SR zapojeným přes dual-link HD-SDI, digitální kameru Red One a dvě digitální kamery s 2/3 čipy Sony HDW-F900R a Sony PDW-700, které nahrávaly na interní záznamy. Součástí testu měla být i kamera Panavision Genesis, která ale byla komerčně využívána v rámci jiného projektu.

Kamery s PL mountem byly osazeny filmovými objektivy Zeiss Planar Distagon, kamery s B4 mountem byly postupně testovány s objektivy Panavision HD lenses Zoom 8-72 mm T1,9 Primo Digital, Fujinon HD lenses HA16X6.3BERM (6.3-101 mm, T1.8-2.9), a také s filmovým adaptérem Pro35 od P+S techniku se zmiňovanými objektivy Zeiss. Pro35 jsem do testu vybral mimo jiné také proto, že kompenzoval menší velikosti čipu u 2/3 kamer, a tak vytvářel srovnatelnější podmínky pro všechny kamery.



Kamery Sony PDW-700, Arri 35 mm, Red One a Arriflex D21 připravené k testu

4.2 Postprodukční příprava natočených dat

Pro upřesnění je potřeba uvést, jakým způsobem byla zpracována a upravována obrazová data do finální podoby, která pak dále sloužila pro srovnávací testy. U Arri 35 mm kamery byl film vyvolán a přepsán v rozlišení full HD 1920x1080 pixelů na pracovišti „telecine“ filmového snímače Spirit HD v Barrandovských studiích. Při přepisu byla použita jen „one light“ korekce, a to takovým způsobem, abychom lineárně upravili jasový rozsah mezi hodnotu 0-100 % jasu. Po této korekci byla obrazová data vyexportována do dpx souborů. Ty byly následně načteny a převedeny do souboru avi v nekompresním kodeku Canopus Loss. Původně bylo počítáno s naskenováním filmu do 4k a 2k rozlišení, bohužel velkou překážkou se ukázala být vysoká cena za tuto operaci. Tento proces je, co se týče obrazové kvality, lepší a používá se ve většině případů, kdy je film převáděn do digitální podoby - digitálního intermediátu pro plnou následnou obrazovou postprodukcí.

U všech digitálních kamer se pracovalo se základním firemním nastavením. Obraz tedy nebyl nijak měněn (jeho ostrost, jasový rozsah, barvy a podobně). Provedl jsme pouze nastavení volby křivky gamma. U kamery Arriflex D21 byla nastavena na S-log, u kamer Sony HDW-F900R a Sony PDW-700 pak byly testovány gamma křivky Hypergamma a televizní gamma odpovídající standartu ITU-709. U kamery Red One nebylo díky záznamu dat v podobě Red Raw kodeku potřeba nic nastavovat. Protože byly scény nasvíceny halogenovými světly, bylo nastavení bíle - White balance - nastaveno pomocí funkce preset

na 3200 K. Obrazová data z Arrilexu D-21 byla z HDCAM SR kazety nahrána pomocí karty Black Magic do nekompresního 10 bit kodeku. Aby bylo možné správně zobrazit data nahraná pomocí S-log gammy, bylo potřeba provést ještě správnou obrazovou korekci. Ta byla provedena pomocí programu Adobe After Effects přesně podle návodu a doporučení popsaného v protokolu Whitepaper o S-logu. Pro převod v Ater Effects jsem použil interní utilitu Cineon Converter s následujícím nastavením: Cineon Parameter - 10 bit code, Conversion Type - Log To Linear, 10bit Black Point - 90 (Ref Black), Internal Black Point - 0 (Min Code), 10 Bit White Point - 32768 (Max code for 16 bit), Gamma - 2.96, Hightlight Rolloff - 50. Některé parametry však musely být upraveny, protože původní doporučované nastavení nebylo pro můj účel optimální. Obraz byl málo kontrastní a ve světlých místech se objevila přepálená místa. Změněny byly hlavně parametry 10 Bit White Point a Hightlight Rolloff. Vyexportovaná data do tiff sekvence pak byla finálně převedena do nekompresního avi souboru v kodeku Canopus Loss.

Z kamery Red One se jednotlivé Raw soubory převedly pomocí programu Redcine do tiff sekvence a pak následně do nekompresního avi souboru v kodeku Canopus Loss. Nastavení REDCINE bylo následující: Color space - REC 709, Gamma - REDspace, Sharpen 0, Detai - High, NR - Off, výstupní rozlišení pak full HD 1920x1080. Toto rozlišení bylo zvoleno tak, aby jednotlivá rozlišení všech kamer byla jednotná, a tedy i jednodušeji porovnatelná. A to i přesto, že tato kamera jako jediná z testovaných dosahuje nejvyššího rozlišení (4096x2304 pixelů).

Z kamery Sony HDW-F900R se kazeta HDCAM přehrála přes HD-SDI rozhraní do dpx sekvence rovnou ve full HD rozlišení 1920x1080 pixelů. Tyto soubory pak byly načteny a převedeny do souboru avi v nekompresním kodeku Canopus Loss.

U kamery Sony PDW-700 se pracovalo s originálními soubory (bez úprav a jakýchkoliv převodů).

4.3 Testovací postup

Testovací videosekvence byly přehrávány z počítačové digitální střížny z nekomprimovaných souborů v kodeku Canopus Loss na profesionální LCD full HD monitor Sony LMD-2450W, kde byly porovnávány a vyhodnocovány. Zároveň byl do nekompresního tga souboru vyexportován z každého jednotlivého záběru i obrázek. Tyto jednotlivé obrázky pak byly mezi sebou ještě jako zvětšené porovnávány na počítačovém

monitoru. To umožnilo lepší a hlavně detailnější studii jednotlivých rozdílů. Jednou z posledních fází testu bylo veřejné promítání srovnávacích testů ve Zlínském multikině (ve velkém sále číslo jedna). Mou snahou bylo dosáhnout stejných pozorovacích podmínek jako má běžný divák. V tomto případě byla obrazová data vyexportována do tiff sekvence, ze které byly vypočítány soubory v distribučním formátu DCP (Digital Cinema Package). DCP je konečný souborový blok. V podstatě jde o digitální ekvivalent dnešní analogové filmové distribuční kopie. Tyto soubory se pak v kině promítaly ze zařízení Dolby Show player DSP100, Dolby Show Store DSS100 a Dolby Filtr Controller DFC100 na profesionálním projektoru Kinoton DCP30 ve full HD rozlišení.

4.4 Testované scény

Testy se konaly ve filmovém ateliéru v Mníšku u Prahy. Kromě interiérových testů jsem naplánoval i exteriérové, které se však kvůli nepřízní počasí neuskutečnily. Jednotlivé scény byly koncipovány tak, aby obsáhly co největší záběr, na kterém by bylo možné co nejlépe porovnat jednotlivé kamery. A to nejen z hlediska technického, ale i subjektivního. Bylo připraveno 7 nezávislých testů, které jsme natočili během jednoho dne.



Natáčení jednoho z testů

4.4.1 Test 1 - „test chart“, test rozlišení

Mým cílem bylo zjistit, jak kvalitně dokáží jednotlivé kamery zaznamenat obraz. Z technického hlediska se jedná o to, jakou nejvyšší frekvenci jsou schopny nasnímat a následně zaznamenat. Divák tuto záležitost subjektivně vnímaná jako ostrost obrazu. V podstatě mluvíme o jednom z důležitých parametrů, který by měl zajímat každého filmového tvůrce. Protože významnou roli v této otázce sehrávají i objektivy, byl za účelem mého testu používán jen jeden, stejný pro všechny kamery. U 2/3 kamer byl tento objektiv použit v kombinaci s Pro35 adaptérem. Pro testování byl zvolen testovací obrazec ISO 12233, který je používán jako standard pro měření rozlišení u digitálních kamer a fotoaparátů. Jelikož obrazec obsahuje i značky jednotlivých obrazových formátů, lze ho velmi přesně zakomponovat, což hraje důležitou roli. Při nasnímání obrazce v odlišných velikostech by byl totiž ovlivněn výsledek testů. Jednoduše se dá říci, že pokud na nasnímaném obrazci vidíme jednotlivé čáry, pak to znamená, že je tento obraz zaznamenávám a tedy kamerovou a záznamovou soustavou přenášén. Tam, kde se slévají jednotlivé čáry, už dochází k částečným ztrátám v přenosu. Při splynutí do šedého pole je frekvence mimo možnosti záznamového řetězce. V této souvislosti se můžeme mylně domnívat, že je možné takový výsledek ovlivnit nastavením ostrosti v menu kamery. Jakékoliv nastavení snímací části kamery však neovlivní výsledný obraz, dochází pouze k zaostření hran přechodů mezi tmavými a světlými plochami. Tuto skutečnost divák subjektivně vnímá jako ostřejší obraz, prakticky ale nedochází k vyššímu přenosu informací. Právě proto tento test slouží k vytvoření objektivní představy o kvalitě ostrosti zaznamenávaného obrazu.

Důležitý je i fakt, že na tomto obrazci lze měřit chromatickou aberaci objektivů. Ta se projevuje převážně na okrajích obrazu tak, že se na kontrastních plochách začínají objevovat barevné přechody. Tato skutečnost je dána fyzikálními vlastnostmi světla - jeho lomem na rozhraní dvou jinak opticky hustých prostředí. Výrobci objektivů se této vlastnosti snaží zabránit, ale i přesto ji nelze zcela potlačit.

V neposlední řadě je na tomto test chartu možné porovnávat „soudkovité“ zkreslení jednotlivých objektivů. V podstatě se jedná o vadu objektivu, která způsobuje prohnutí rovných čar směrem k okrajům obrazu. V opačném případě jde o „poduškovité“ zkreslení, kdy se rovné čáry prohýbají dovnitř. Je potřeba říci, že tyto vady včetně chromatické

aberace jsou závislé na použité ohniskové vzdálenosti (u zoom objektivů) i na nastaveném clonovém čísle.

Moje osobní hodnocení tohoto testu vypadá následovně:

Na první místo jsem favorizoval kameru Red One. Svým rozlišením 4k je jasným vítězem, a to i po přepočtu obrazu do rozlišení full HD (její ostrost zůstává nejlepší). Lze vidět, že pokud je obraz natočen do vyššího rozlišení než jaké se pak výsledně používá, tak při kvalitní downkonverzi dosahuje velmi slušných výsledků.

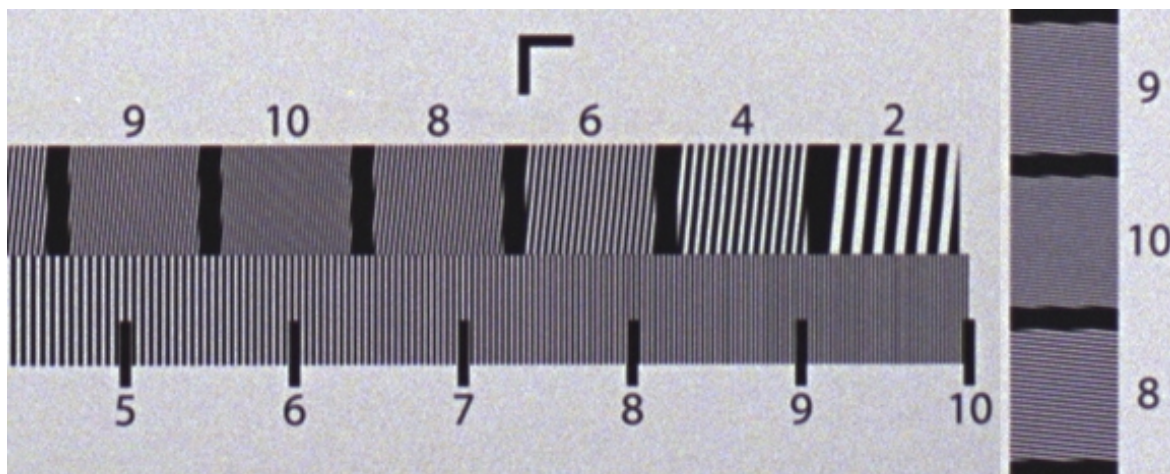
Dle mého názoru druhých nejlepších výsledků dosáhla kamera Arriflex D21. Jak v horizontálním tak i ve vertikálním rozlišení je ostrost obrazu výborná. V nejjemnějších políčkách 9 a 10 lze ještě rozeznat kresbu jednotlivých čar a lze tedy říci, že i zde je stále kresba zaznamenávána. Co se týká převodu do full HD rozlišení, je kvalita srovnatelná s kamerou Red One.

U kamery PDW-700 je kresba o něco málo horší, ne však nijak výrazně. Na to že jde o kameru s 2/3 palcovými čipy, je kvalita zaznamenávaného obrazu ve srovnání s kamerami s full frame čipem výborná. Můžeme zde pozorovat, že vertikální rozlišení je o málo lepší než horizontální, kde u políčka 10 již skoro nevidíme kresbu jednotlivých čar.

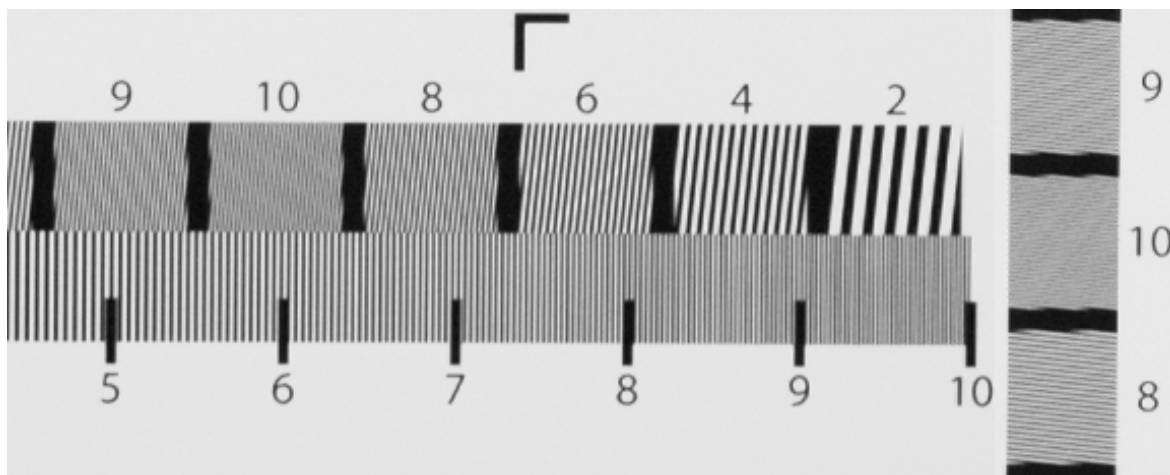
U 35 mm kamery byl podle praktických zkušeností předpoklad, že kresba v rozlišení full HD bude výborná. Všeobecně se uvádí, že rozlišení filmové suroviny je někde mezi 2k-4k. Bohužel obraz tomu neodpovídal. I přesto, že v políčkách 9 a 10 můžeme ještě rozeznávat kresbu jednotlivých čar, se obraz celkově jeví více rozmazaný a můžeme pozorovat velmi výrazné filmové zrno. Negativní dopad zde pravděpodobně měl přepis na telecine, který není tou nejlepší variantou přepisu filmu do digitální podoby. Dá se předpokládat, že v případě naskenování filmu by výsledek ostroty byl na daleko lepší úrovni.

Nejhorším výsledkem je pak testovací obraz z kamery HDW-F900R. Vertikální rozlišení je velmi podobné ostatním kamerám, ale v případě horizontálního rozlišení dochází k výraznému zhoršení kvality. U políček 9 a 10 už vůbec nerozlišujeme jednotlivé čáry, políčka jsou slitá do jednoho šedého pruhu, u políčka 8 je kresba jen velmi málo patrná. I přesto, že kamera snímá obraz ve full HD rozlišení a měla by dosahovat obdobných výsledků jako ostatní kamery, je zde kvůli záznamovému formátu HDCAM patrná degradace. Ten downsampluje jasové rozlišení z 1920 do 1440 obrazových bodů a tím dochází ke ztrátě obrazové informace ve vysokých frekvencích.

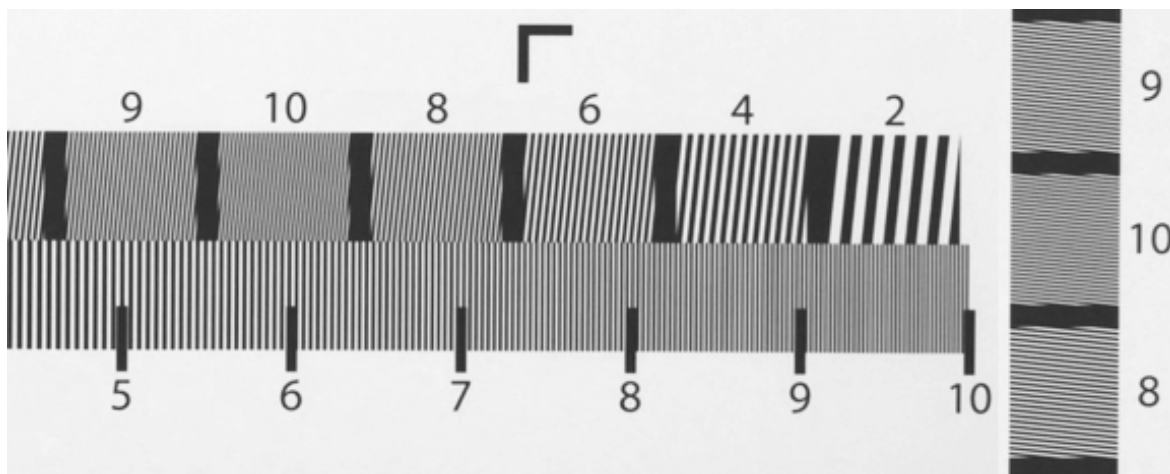
Test také dokázal, že u filmového adaptéru P+S technik Pro35 nedochází ke ztrátě rozlišení. Při porovnání testovacích obrázků natočených kamerou PDW-700 bez a s filmovým adaptérem nelze pozorovat výraznější rozdíly. U políček 9 a 10 v horizontálním a vertikálním směru je kresba čitelná. Jediným rozdílem zůstává jemné rozmazání celkového obrazu natočeného přes filmový adaptér. Zde by pak nejspíše pomohlo zvýšení ostrosti kamery pomocí funkce v menu nastavení kamery - Detail level.



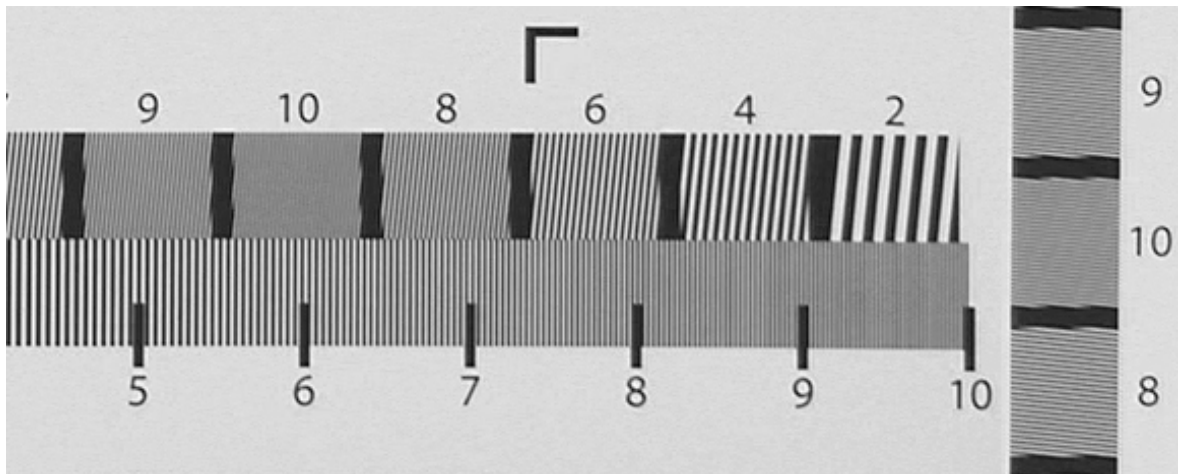
Test rozlišení - Arri 35 mm



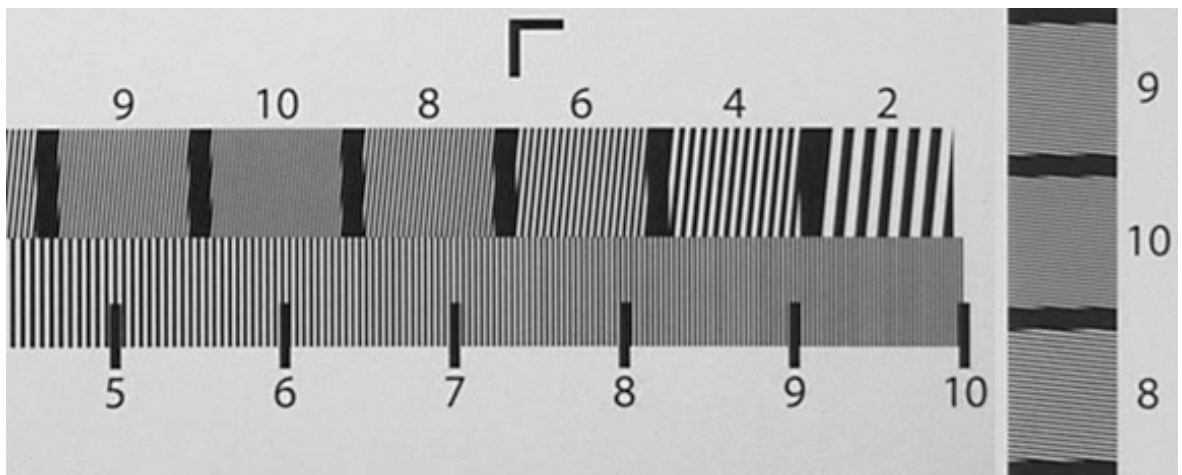
Test rozlišení - Arriflex D21



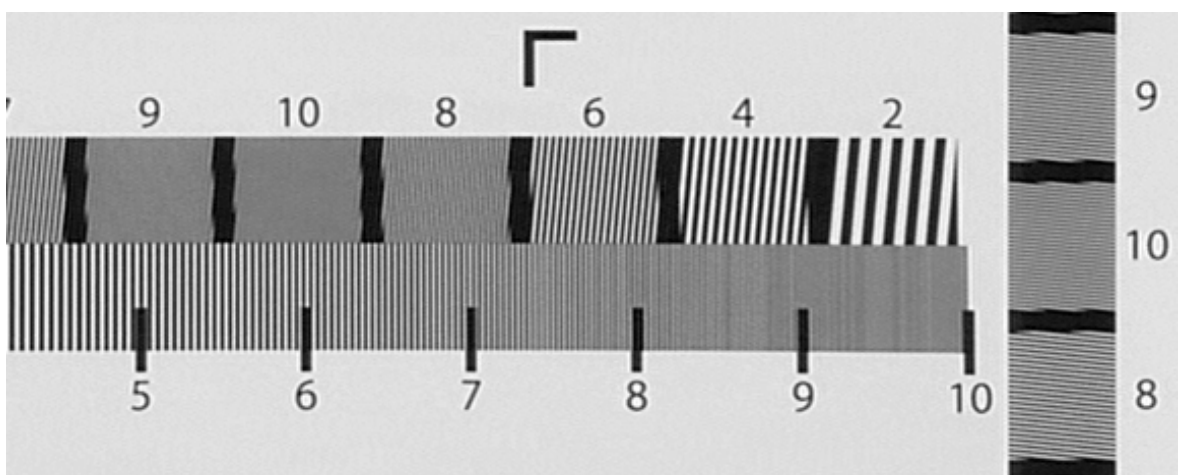
Test rozlišení - Red One



Test rozlišení - Sony PDW-700



Test rozlišení - Sony PDW-700 + PS Pro35



Test rozlišení - Sony HDW-F900R

4.4.2 Test 2 - zátiší „předměty“

Dalším testem bylo natočení zátiší s různými předměty. Objekty byly vybrány tak, aby reprezentovali co možná největší vzorek různých tvarů, povrchů a barev. Byly zakomponovány i tiskoviny s velkým rozlišením (etikety nebo bankovky). Jedním z důležitých prvků byla plechovka od Pepsi Coly umístěná tak, aby se od ní odrážel silnější světelný zdroj. Na kovovém povrchu pak docházelo k přímému odrazu a hlavně k přepálené ploše. Na této bázi bylo možné porovnávat jednotlivé kamery v jejich expozičních pružnostech. Ve scény sehráli svou úlohu i barevné přechodové testovací tabulky.

Moje osobní hodnocení tohoto testu už není tak jednoznačné jako u testu číslo jedna. Ve výsledku jsem se přesvědčil, že jednotlivé kamery jsou si velmi podobné. Ale můžeme zde pozorovat například barevné odlišnosti jednotlivých kamer. I přesto, že byly nastaveny white balance na preset 3200 K, rozdíly nejsou zanedbatelné. Nejlepší podání bílé zvládly kamery Arriflex D21 a Arri 35 mm. Red One spolu s kamerou HDW-F900R měly mírný nazelenalý nádech. U kamery PDW-700 byl nazelenalý nádech ještě výraznější. Na jednolitě středně tmavém pozadí můžeme porovnat šum (v případě 35 mm kamery filmové zrno). Tento nedostatek byl velmi výrazný u kamery Arri 35 mm. Na druhé straně je pravdou, že výsledek nepůsobil tak nepříjemně jako v testu číslo jedna. Z digitálních kamer byl největší šum u kamery HDW-F900R. Na některých plochách byl dokonce velmi výrazný a skoro srovnatelný s filmovým zrnem. Tady bych rád uvedl, že tato kamera má originálně od výrobce nastaven ostřejší obraz, což se projevilo nejenom v tomto testu. Obraz proto mnohdy působí digitálně - uměle. A podle mého názoru i kvůli zvýšené ostrosti obsahuje větší množství šumu. U kamery Arriflex D21 byl šum na velmi přijatelné úrovni. Nárůst šumu byl však pozorován mezi původními natočenými daty a následnými převedenými daty z S-log křivky. U kamery PDW-700 jsme mohli pozorovat šum ještě menší. Jednoznačně nejmenší šum pak měla kamera Red One. Záběry z kamer HDW-F900R a PDW-700 točené pomocí filmového adaptéru Pro35 byly celkově méně kontrastní. Zde lze vidět, že složitá optická soustava filmového adaptéru do určité míry obraz ovlivňuje. Nepotvrdila se ani horší reprodukce barevných přechodů u kamery HDW-F900R, kde by díky záznamovému formátu HDCAMu měla být viditelnější degradace okrajů barevných ploch. I při porovnávání obrazu ve velkých zvětšeních však tato degradace nebyla jednoznačně viditelná.

4.4.3 Test 3 a 4 - modelka v PC a PD

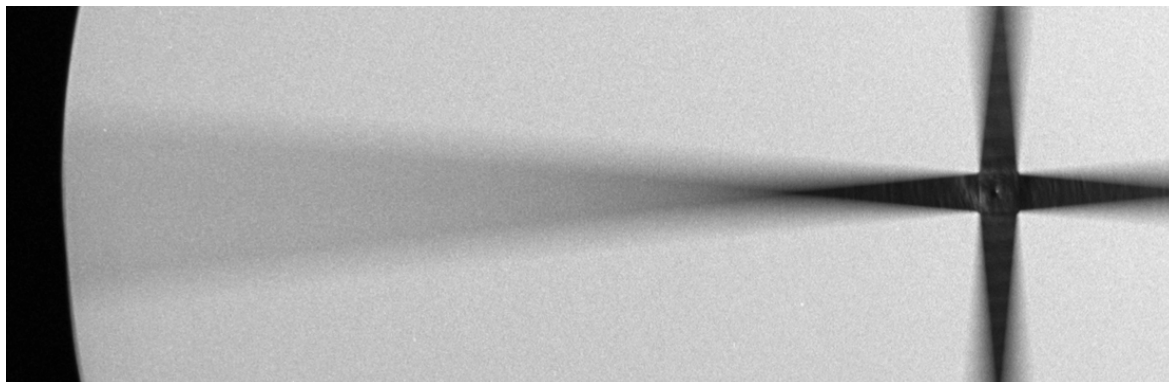
Tyto dvě scény s modelkou nahrávají především subjektivnímu vnímání obrazových záznamů z jednotlivých kamer. Nejde jen o technickou stránku, kterou bychom mohli vyjádřit přesným měřením, ale jde především o to, jaký máme z obrazu dojem. To je důvod, proč jsem do testu zařadil i jednu scéna s živou herečkou. Záběr je natočen ve dvou velikostech: v PC a PD. Do pozadí záběru navíc byla přidána barevná testovací tabulka a test chart. Je také dobře vidět, jak jednotlivé kamery reprodukuje místa pleti a světlejší části vlasů osvětlené ostrým zadním světlem. Bližší záběr byl navíc natáčen dvakrát, a to s různým osvětlením, které bylo v poměru kontrastů mezi pravou a levou částí tváře 1:2 a 1:4. Díky tomu bylo možné pozorovat chování obrazů i v tmavších částech tváře (například kresbu, šum a podobně). V PD pak můžeme velmi dobře vidět rozdíl v jiné hloubce ostrosti u kamer s 2/3 čipem.

Moje hodnocení tohoto testu bylo nanejvýš subjektivní. Jak už bylo řečeno, rozdíly mezi jednotlivými kamerami jsou velmi malé. Navíc by bylo určitě možné postprodukčně jednotlivé záběry zkorigovat tak, aby rozdíly byly minimální. Přesto je důležité, jaká obrazová data v primární fázi z kamer dostaneme, čím budou lepší a kvalitnější, tím nám poskytují lepší možnosti v následném postprodukčním procesu. Velmi hezký obrazový výsledek měla kamera Arriflex D21. Zvláště v PD je podání pleťové barvy, ostrosti a celkového dojmu z obrazu opravdu vynikající. I přes větší filmové zrno obrázky z filmové 35 mm kamery působily velmi příjemně. Podle mého názoru je tato kamera na druhém místě v těsném závěsu za kamerou Arriflex D21. Kamery s 2/3 palcovými čipy HDW-F900R a PDW-700 měly také velmi příjemné obrazy, k nimž dopomohl i filmový adaptér Pro35. U kamer HDW-F900R pak byla opět pozorována větší ostrost obrazu a větší šum. Určitým zklamáním je pro mne kamera Red One. Obrázky z ní sice měly výbornou technickou kvalitu, přesto jejich celkový dojem nepůsobí příjemně.

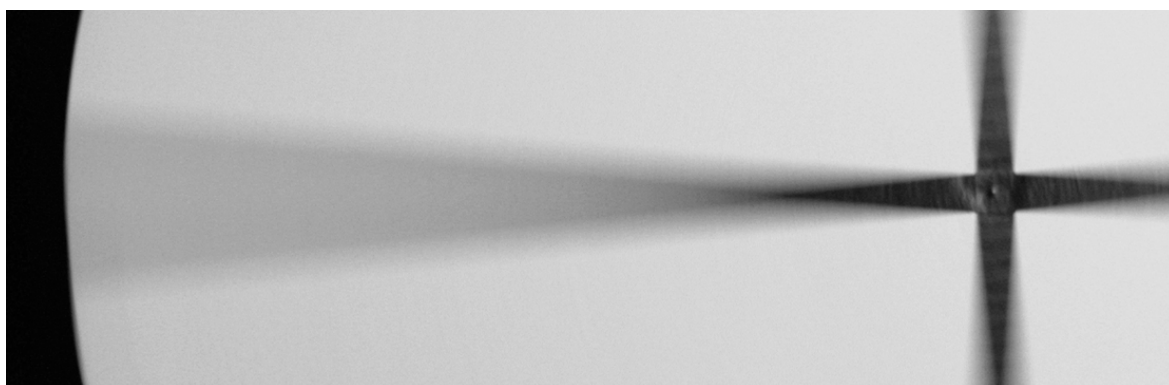
4.4.4 Test 5 - motion blur, „kolotoč“ a modelka v pohybu

K tomuto testu jsem byl motivován několika svými kolegy - kameramany. Motion blur neboli pohybové rozostření je dáno délkou expozice každého jednotlivého políčka. U klasické analogové filmové kamery je tento čas ovlivněn úhlem rozevření mechanické závěrky, která se otáčí a postupně zakrývá a odkrývá film. Při natáčení 25 obrázků za sekundu pak vychází tento čas na 1/50 při 180 stupních otevřené závěrky. U digitálních kamer nepotřebujeme žádný čas na posun filmu, a tak lze při frekvenci 25 obrázků za sekundu nastavit čas od 1/25 až například po velmi krátké časy - 1/2000. Přesto přítomnost mechanické závěrky, podle některých kameramanů, filmu přispívá k jeho neopakovatelnému „film looku“. Mechanickou závěrku má i kamera Ariflex D21, proto bylo velmi zajímavé srovnání analogové kamery, digitální kamery s mechanickou závěrkou a digitální kamery s elektronickou závěrkou. Test byl prováděn na dvou scénách. U první byl snímán bílý točící se kotouč s černými pruhy, u kterého byla měřena míra rozmazání. U druhé byla snímána herečka, která se procházela před kamerami, popř. bylo s její chůzí „švenkováno“. Na tmavém pozadí byly umístěny světlé vertikální předměty, na kterých bylo dobře patrné pohybové rozostření. Záběry byly opakovány s různou rychlostí a pro přesné porovnání byl každý záběr natáčen paralelně všemi kamerami.

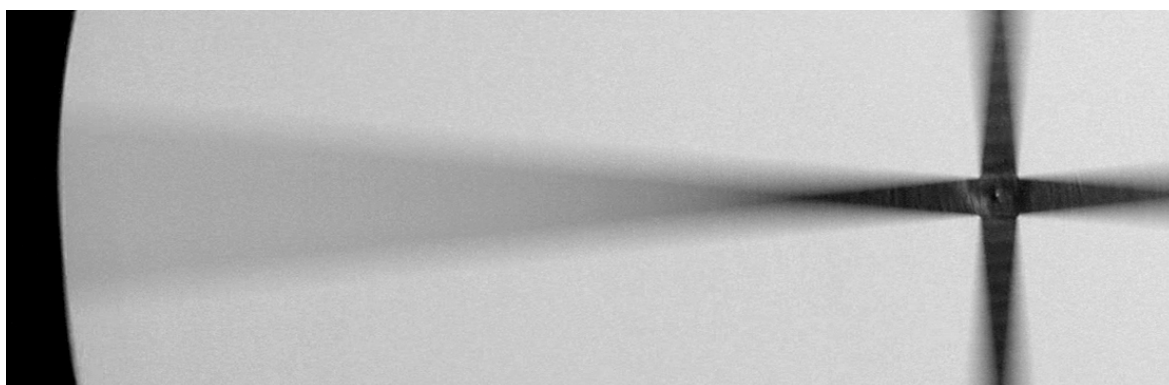
Výsledky byly překvapivé. I přesto, že spousta kameramanů věří, že analogová filmová kamera poskytuje odlišný motion blur, osobně jsem opačného názoru. Všechny záznamy byly naprosto srovnatelné: jak při měření velikosti rozmazání u jednotlivých vyexportovaných obrázků, tak i při subjektivních pozorováních. Tento výsledek potvrdila i měření rozmazané výšece na točícím se bílém kotouči.



Motion blur - Arri 35 mm



Motion Blur - Arriflex D21



Motion Blur - Sony PDW-700



Motion blur - Arri 35 mm



Motion blur - Arrilex D21



Motion blur - Sony PDW-700

4.4.5 Test 6 - dynamický rozsah „skákačka“

Tento druh testu se provádí především u prvotních testů analogové suroviny před natáčením. Kameraman si ověřuje správnou expozici a možnosti vybraného materiálu. Mně tento test umožnil vyzkoušet dynamický rozsah jednotlivých kamer. To znamená, jak velký kontrast je kamera schopna v jedné scéně zaznamenat. Měříme nejsvětlejší a nejtmaší místo v obraze bez jasového zkreslení - u světlých míst „přepálení“ u tmavých „zapečení“. Tento rozsah je pak uváděn v EV stupních. Jedno EV je jedno clonové číslo, tedy dvakrát více nebo méně světla. Většina dnešních profesionálních kamer zvládá něco kolem 9-12 EV. U analogového filmu může být podle použitého materiálu až něco kolem 14 EV. V mém případě nešlo o naprosto přesné změření expozičního rozsahu, ale o srovnání jednotlivých kamer mezi sebou. Proto také byly touto metodou naměřené hodnoty menší než jaké jsou standardně uváděny. Na scéně byla snímána testovací tabulka se stupnicí od bílé do černé s PD modelky. Natáčeny byly jednotlivé záběry vždy změněné o jedno clonové číslo. Na výsledku bylo jasně vidět, od kterého clonového čísla již dochází ke slívání políček na stupnici šedé. U analogového filmu se pak jednoznačně ukázalo, jak velký má dynamický rozsah. Při přepisu na telecině bylo možno zkorigovat záběr přeexponovaný nebo podexponovaný o celá dvě clonová čísla tak, že se velmi podobal záběru se správnou expozicí. To by se v případě digitální kamery, zvláště u přeexponovaného záběru, rozhodně nepodařilo. Na druhou stranu je ale potřeba říct, že pokud upravujeme záběr z analogového filmu, nemáme možnost použít tento celý rozsah s jedním nastavením. Příkladem může být interiér s oknem. Můžeme si vybrat a nastavit příslušný rozsah jasů na interiér nebo na okno, ale nikdy ne najednou. Pokud bychom toho chtěli dosáhnout, tak jen pomocí vymaskování okna a nastavení různých hodnot pro přepis pro jednotlivá místa. I přesto nám analogový film umožňuje v postprodukcí velmi dobře pracovat s natočeným materiálem. U digitálních kamer tuto možnost nemáme, ale za to máme absolutní kontrolu expozice přímo při natáčení. Zajímavou zkušeností bylo i to, že při velkém podexponování na filmové surovině už nebylo takřka nic zaznamenáno. U digitálních kamer zůstávalo v obraze vidět určité procento čitelného záznamu.

Testy dopadly následovně: U Arri 35 mm jsem nebyl schopen úplně korektně určit, od kterého clonového čísla by byla tabulka ve světlých polích přeexponována. Filmová surovina i při naprosto otevřené cloně vykazovala vysokou expoziční pružnost a přepálená místa se neobjevila. U natáčené scény by bylo potřeba zvýšit intenzitu světelných zdrojů.

Takto naměřená expoziční pružnost byla kolem 6-7 EV, ale pravděpodobně je mnohem vyšší. Podobná situace byla u kamery Arriflex D21. I na úplně otevřenou clonu byl záběr v pořádku, tedy ve světlých místech tabulky nebyl přexponovaný. Bylo ale nutno sáhnout po originálním souboru ještě před korekcí S-log křivky. Tady se prakticky ukázalo, že je natáčení v této gamma křivce výhodné. V postprodukcí si pak podobně jako u filmové suroviny můžeme dodatečně obrázek zkorigovat. Takto naměřená hodnota u této kamery byla 9 EV. Podle předpokladů měly kamery s 2/3 velikostí snímacích čipů shodné výsledky. Gammy měly shodně nastaveny na Hypergamma a můj naměřený výsledek byl 7 EV. U kamery Red One naměřená hodnota překvapivě dosahovala pouze 6 EV. Předpoklad, že by bylo možné z originálních Red Raw souborů získat lepší výsledek, se bohužel nepotvrdil. Tato kamera v tomto testu končí překvapivě s nejhorším výsledkem.

4.4.6 Test 7 - test kodeků „kolotoč“

Poslední test spočíval v praktickém ověření jednotlivých kodeků. Byl použit točící se kotouč s reklamním prospektem a účelově vyrobeným grafickým obrazcem. Ten se skládal ze struktury podobné stromům bez listů, na které je kódování velmi citlivé. Dále byly do obrazce přidány barevné plochy. Pro co možná největší zatížení kódovacího procesu byl celý tento obrazec otáčen. Ve většině případů se hledají části obrazu (tzv. makrobloky), které změnily v následném snímku svoji pozici, například jedoucí auto, a kódovací algoritmus pak jen vypočítá a určí velikost vektoru. V tomto případě však makrobloky nelze nalézt. Ty totiž nemění jen pozici, ale mění i svůj tvar, a tím už nejsou považovány za stejný objekt. Tímto způsobem byl kódovací proces v maximální možné míře zatížen. Snímání pak probíhalo s kratším expozičním časem 1/250 pro ostřejší kresbu testovaného obrazce.



Testovací obrazec pro test kodeků

Výsledky odpovídaly předpokladům. Čím menší datový tok, tím více rušivých artefaktů a chyb obraz obsahoval. Dalším faktorem ovlivňujícím kvalitu obrazu je, zda natáčíme progresivně 25p nebo interlace - do půlsnímků 50i. V případě progresivního kódování se zpracovává 25 celých snímků za sekundu. V případě interlace je pak situace komplikovanější, celý proces již pracuje s 50 půlsnímků (1920x540) za sekundu. I přesto,

že za sekundu zaznamenáváme stejný počet obrazových dat jako u progresivního záznamu 25p, větší počet obrazových změn (50 krát za sekundu oproti 25 za sekundu) způsobuje zhoršení obrazové kvality při stejném datovém toku.

Testovány nebyly záznamy HDCAM SR u kamery Arriflex D21 a Redcode Raw u kamery RedOne. Ty mají velmi vysoké datové toky a takřka bezstrátovou kompresi. Nakonec tedy byly porovnávány jen dva záznamové formáty, a to Sony HDCAM a Sony XDCAM HD422. Pro lepší porovnání byl také navíc poloprofesionální kamerou Sony PDW-EX1 v datovém toku 35Mbit natočen stejný testovací obrazec.

Nejlepší obrazovou kvalitou měl podle předpokladů záznamový formát Sony HDCAM. Vysoký datový tok 140Mbit přináší velmi dobré výsledky. Rušivých artefaktů se objevilo minimálně, ale bohužel nelze říct, že by nebyly žádné. Přesto lze ale konstatovat, že při použití tohoto záznamového formátu můžeme dosáhnout velmi slušných výsledků.

Záznamový formát Sony XDCAM HD422 s datovým tokem 50 Mbit měl více rušivých artefaktů než HDCAM, ne však o mnoho. Zde prakticky vidíme účinnost interframe komprese. I přes takřka trojnásobné zmenšení datového toku oproti HDCAMu ze 140Mbit na 50Mbit je obrazová kvalita velmi podobná. Navíc při progresivním snímání je míra artefaktů velmi malá. 50Mbit datový tok tedy přináší velmi slušné výsledky a při progresivním snímání je použitelný i pro náročnější projekty. Praktické zkušenosti navíc ukazují, že díky barevnému vzorkování 422 se dá oproti HDCAMu lépe použít pro barevné klíčování. HDCAM se pak lépe používá v postprodukci, hlavně pro barevné korekce - greading.

Bylo by zajímavé zde také porovnat jiné záznamové formáty, obzvláště nový formát od Panasonicu AVC-Intra 100. Ten by se mohl svou kvalitou přiblížit formátu HDCAM. Bohužel v době konání testů nebyla k dispozici žádná kamera s tímto záznamem.



Půlsnímek kódovaný ve formátu HDCAM - 144Mbit (kamera HDW-F900R - 1/250, 50i)



Půlsnímek kódovaný ve formátu XDCAM HD422 - 50 Mbit (kamera PDW-700 - 1/250, 50i)



Půlsnímek kódovaný ve formátu XDCAM - 35Mbit (kamera PDW-EX1 - 1/250, 50i)

4.5 Promítání testů v multikině

Výsledky hodnocení veřejného promítání testů ve Zlínském multikině byly překvapivé. I přesto, že na velkém plátně byl předpoklad nejlepší projekce, nestalo se tak. Můj subjektivní dojem byl sice lepší než z profesionálního monitoru, ale kvalita promítaného obrazu se zdála horší. Citelně se redukovali některé detaily, například obrazový šum a podobně. Obraz se celkově jevil více zastřený a méně kvalitní. Promítání se zúčastnilo několik desítek kameramanů a režisérů z okruhu vyučujících, spolužáků a známých. Po respondentech jsem žádal, aby subjektivně určili pro ně nejlepší kameru, případně pořadí, a zkusili několika slovy popsat proč tomu tak je. V podstatě se všichni zúčastnění shodli, že kamery mezi sebou nemají žádné velké rozdíly a nelze proto jednoznačně určit nejlepší nebo nejhorší kameru. Samotné ukázky byly sestaveny tak, aby každý jednotlivý test obsahoval stejnou scénu natočenou ze všech testovaných kamer. Pro větší objektivitu byly jednotlivé střihy označeny jen písmenem, nebylo tedy dopředu prozrazeno jakou kamerou je obraz natočen. Mezi promítané ukázky jsem po úvaze zařadil tyto testy: Test 1 - „test chart“, Test 2 zátiší „hračky“, Test 3 - modelka v PC, Test 4 - modelka v PD a Test 5 - motion blur. Hodnocení výsledných dat bylo provedeno následovně: podle umístění byly přiřazeny body a ty celkově sečteny (za první místo 20 bodů, za druhé 10 a za třetí 5 bodů).

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Arri 35 mm	95	15	120	75	110
Arriflex D21	80	20	115	200	105
Red One	70	190	90	40	-
Sony PDW-700 + Pro35	0	25	10	30	-
Sony HDW-F900R + Pro35	0	15	0	15	-
Sony PDW-700	75	80	75	20	80
Sony HDW-F900R	40	35	20	0	-

5 ZÁVĚR

Před několika lety se zdálo, že nastupujícím trendem v kinematografii bude produkce a promítání ve vysokém rozlišení 4k. Zvýšený zájem o návštěvu kin měla přilákat nevídaná kvalita promítaného obrazu. Na celém světě bylo digitalizováno mnoho kin, ale jen málo z nich bylo vybaveno 4k projektory. Trend se navíc obrátil k nové technologii, a sice ke stereoskopickému obrazu. James Cameron svým snímkem Avatar dokázal přilákat do kin nebývalé množství diváků. Započal tak novou éru stereoskopických - 3D - filmů a hlavně dal producentům novou naději na větší návštěvnost kin. Je jasné, že právě ti budou z tohoto důvodu chtít dokončit digitalizaci kin co nejrychleji a v co největším rozsahu.

Je jen otázkou času, kdy se většina světové filmové produkce začne natáčet pomocí digitálních filmových kamer. Historicky nejnižší cena filmové suroviny a celosvětově zaběhlé postprodukční technologie budou ještě nadále tvořit velké procento výroby filmů v analogovém formátu, digitalizace bude proto pozvolná. Nicméně je jasné, že tyto nové digitální technologie již dnes dokáží nahradit filmovou surovinu a poskytnout tak velmi kvalitní alternativu. Jednodušší práce při snímání, manipulace s obrazovými daty při postprodukcí, digitální distribuce včetně kvalitnějšího promítání v kinech představují výhody, které časem nebudeme schopni jen tak ignorovat. Producenti navíc budou usilovat o co nejmenší náklady a tak digitální éra kinematografie může začít!

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ

- [1] AUTORSKÝ TÝM: *Technické základy fotografie, Komora fotografických činností*, ISBN 80-02-01492-8
- [2] ČSN 011718 *Měření barev, vydavatelství úřadů pro normalizaci a měření*, 1966.
- [3] JAN EIGL, VĚRA BLUMOVÁ, *Optické základy obrazové techniky*. Praha : FAMU, 1993.
- [4] JOSEF PEŠEK, *Základní principy televize a magnetického záznamu obrazu*. Jinočany : H and H, 1993.
- [5] JURAJ FANDLI, *Digitální kinematografia, habilitační práce 2006*, VŠMU
- [6] PAUL WHEELER : *DIGITAL CINEMATOGRAPHY*, ISBN 0 240 516141
- [7] PAUL WHEELER : *HIGT DEFINITION AND 24 P CINEMATOGRAFHY* ISBN 0 240 51576 1
- [8] MARTIN ŠTĚPÁNEK, *Kameramanské postupy ovlivněné novými technologiemi v kinematografii, diplomová práce 2002*, FAMU
- [9] MAREK TICHÝ, *Digitální filmové kamery, článek z časopisu Pixel číslo 136*
- [10] MICHAL KRSEK, *Film v propojeném světě, článek z časopisu Pixel číslo 129*
- [11] JAN BURIÁNEK, *Vzorkování barev pro zpracování digitálního videa, článek z časopisu Pixel číslo 115*
- [12] ROBERT NEKL, *Digitální kinematografie - video s vysokým rozlišením, bakalářská práce 2008*, UTB Zlín
- [13] <http://www.europa-cinemas.org>, EUROPA CINEMAS, *Průvodce digitálním kinem*,
<http://www.sonybiz.net/>, <http://www.canopus.com>, <http://www.red.com/>,
<http://panasonic-broadcast.com/>, <http://www.arri.de/>, <http://pro.jvc.com/>,
http://www.dalsa.com/dc/4K_products/origin_main.asp, www.digitálníkino.cz,
http://www.digimanie.cz/art_doc-67BCCD2DF7A9F53EC125763F0044663D.html