

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DCP – datový formát pro digitální kina

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ZEMAN**
Osobní číslo: **E10B0510P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **DCP - datový formát pro digitální kina**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište princip distribuce dat pro digitální kina.
2. Analyzujte datový formát Digital Cinema Package (DCP) a jeho popisné soubory.
3. Zjistěte požadavky na HW vybavení a SW dostupnost pro vytvoření DCP formátu. Zaměřte se zejména na nekomerční produkty. U jednotlivých produktů ověřte možnosti vstupních datových formátů/kodeků.
4. Zjistěte možnosti kontroly vytvořených DCP dat. Vytvořte vlastní ukázkou v tomto formátu a ověřte její funkčnost v některém z kinoserverů v ČR.
5. Shrňte získané znalosti do návodu na vytvoření DCP formátu.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Fiřt, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


Doc. Ing. Jirí Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá komplexní analýzou struktury souborového formátu DCP (Digital Cinema Package), který je používán pro distribuci digitálního obsahu do digitálních kin. Je zde popsán proces tvorby zdrojových souborů, přes subprocessy, až po zpracování do finální podoby tohoto formátu, která je určena pro projekci divákům. Jedna kapitola je zde věnována principům zabezpečení digitálních dat proti neoprávněnému zacházení s nimi, které je dosaženo pomocí tzv. Key Delivery Message (KDM).

Dále je zde popsáno provedené testování volně dostupných programů k vytvoření formátu DCP a zhodnocení práce s nimi. Závěr práce je věnován uživatelskému manuálu k vytvoření souborového formátu DCP krok za krokem užitím vybraného softwaru.

Klíčová slova

DCP, Digital Cinema Package, převod do DCP, DCDM, Digital Cinema Distribution Master, digitální kino, formát digitálních kin, 2K, 4K.

Abstract

This bachelor thesis deals with complex analysis of DCP (Digital Cinema Package) file format structure, which is used for distribution of digital movies for digital cinemas. This thesis describes whole process from source files, continues by intermediate steps, to final form of this file format. One chapter is focused on security principles of digital rights management, for which is the Key Delivery Message (KDM) used.

Next topic in this thesis is The Testing of creation DCP using a freeware. At the end of thesis is prepared user manual in which is described creation of final DCP file format from usual source files using choosed software.

Key words

DCP, Digital Cinema Package, conversion to DCP, DCDM, Digital Cinema Distribution Master, digital cinema, image format for digital cinema, 2K, 4K.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 2.6.2013

Martin Zeman

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své práce Ing. Jaroslavu Fiřtovi, Ph.D. za cenné rady a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM ZKRATEK	10
1 ÚVOD.....	11
2 ANALÝZA FORMÁTŮ SOUBORŮ.....	12
2.1 TAGGED IMAGE FILE FORMAT (.TIFF)	12
2.2 WAVEFORM AUDIO FILE FORMAT (.WAV, .WAVE).....	12
2.3 JPEG FILE INTERCHANGE FORMAT, JPEG2000 (.JP2, .J2K, .JPF, .JPX, .JPM, .MJ2)	13
2.4 EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (.XML)	13
2.5 PORTABLE NETWORK GRAPHICS (.PNG).....	14
3 VYTVOŘENÍ SOUBOROVÉHO FORMÁTU	15
3.1 DIGITAL SOURCE MASTER (DSM)	16
3.1.1 VIDEO	16
3.1.2 AUDIO	17
3.1.3 TITULKY.....	17
3.2 DIGITAL CINEMA DISTRIBUTION MASTER (DCDM)	18
3.2.1 VIDEO	19
3.2.2 AUDIO	20
3.2.3 TITULKY.....	21
3.2.4 COMPOSITION PLAYLIST (CPL).....	22
3.3 DIGITAL CINEMA PACKAGE (DCP)	22
3.3.1 Struktura	22
3.3.2 Key Delivery Message (KDM).....	23
4 DISTRIBUCE.....	26
5 PROJEKCE.....	27
6 TESTOVÁNÍ.....	28
6.1 KOMERČNÍ SOFTWAREOVÉ PRODUKTY	28
6.2 NEKOMERČNÍ SOFTWAREOVÉ PRODUKTY	29
6.3 PŘEHLED TESTOVANÝCH PROGRAMŮ	30
6.3.1 DCP Builder	30
6.3.2 DCPC – Digital Cinema Package Editor	31
6.3.3 DVD-o-matic.....	32
7 ZÁVĚR.....	34
7.1 DCP BUILDER	35
7.2 DCPC.....	35
7.3 DVD-O-MATIC	35

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	37
PŘÍLOHY	39

Seznam zkratek

AES	Advanced Encryprion Standard
CMYK	system zobrazení barev v soustavě Cyan–Magenta–Yellow–black
CPL	Composition Playlist
DCDM	Digital Cinema Distribution Master
DCI	Digital Cinema Initiatives
DCP	Digital Cinema Package
DSM	Digital Source Master
fps	frames per second (počet snímků za sekundu)
GNU	svobodný operační software projektu GNU
HD	High Definition
JPEG	Joint Photographic Experts Group
KDM	Key Delivery Message
MXF	Material Exchange Format
PNG	Portable Network Graphics
RGB	barevný model Red – Green – Blue
RGBA	barevný model Red – Green – Blue – Alfa
RSA	šifrovací algoritmus, zkratka odvozena od jmen jeho zakladatelů: Rivest, Shamir, Adleman
TIFF	Tagged Image File Format
WAV	Waveform audio file format.
XML	Extensible Markup Language

1 Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zabývá tvorbou, distribucí a analýzou datového formátu Digital Cinema Package (DCP). Již z názvu je patrné, že tento formát byl speciálně vyvinut pro použití v digitální kinematografii pro projekci digitálních filmů. Pro jeho vytvoření i použití jsou definovány specifické požadavky na hardwarové i softwarové vybavení pracoviště, kde se s tímto souborovým formátem pracuje. Formátový balík DCP má normami pevně stanovenou strukturu dat i ochranných prvků použitých k zabezpečení této datové struktury.

Pro vytvoření kompletní datové struktury se využívá obrazových a zvukových zdrojových souborů. K obrazu je možné připojit titulky. Zvukové soubory mohou obsahovat více kanálů zvuku a více jazykových mutací. Zdrojové zvukové nahrávky jsou zaznamenávány s určitou bitovou hloubkou a vzorkovacím kmitočtem. Pro celosvětovou distribuci jsou titulky připojeny v mnoha jazycích. Obrazová data jsou profesionálními digitálními kamerami snímána a ukládána do specifických souborových formátů. U těchto sekvencí snímků záleží na rozlišení snímku, snímkové rychlosti.

Na zdrojové soubory jsou kladeny vysoké požadavky z hlediska kvality. Pro dosažení nejvyšší kvality výstupního DCP je nutné použít zdrojové soubory v nejvyšší dostupné kvalitě záznamu. Vyšší kvalitě odpovídá i větší objem dat uložených v souborech, které dle potřeby mohou být zredukovány. U digitálního obsahu jsou kladeny velmi vysoké nároky na zabezpečení dat proti neoprávněnému užití obsahu. Lze si pod tím představit zejména protiprávní zacházení s daty, jako například pirátské kopírování či neoprávněnou reprodukci.

DCP je bezesporu strukturou velmi složitý a datově objemný souborový formát. Práce s ním klade vysoké nároky na výpočetní zařízení i na odborné znalosti a zkušenosti obsluhy. Celý proces práce s tímto formátem od vstupních zdrojových dat po projekci v kinosálu lze rozdělit do těchto 3 částí:

1. Vytvoření formátu souborů.
2. Distribuce datových a ochranných souborů.
3. Projekce.

2 Analýza formátů souborů

V této kapitole jsou popsány souborové formáty, které se v průběhu procesu kódování do DCP používají. Elementární informace o formátových typech souborů slouží k pochopení celého procesu kódování.

2.1 Tagged Image File Format (.TIFF)

Tento formát byl původně vytvořen k uchování dat pro stolní skenery v polovině 80. let. Jedná se o flexibilní datový formát, kterým jsou uchovávány obrazové informace o skenovaném textu, černobílém i barevném obrazu. Hlavní předností tohoto souborového formátu je to, že do jednoho datového souboru je možné uložit více obrazových snímků a kód je založen na CMYK nebo RGB nekomprimovaném obraze. Data tak mohou být uložena za použití proměnné komprese i bez komprese [13].

2.2 Waveform audio file format (.WAV, .WAVE)

Jedná se o zvukový formát vytvořený společnostmi Microsoft a IBM pro uchování digitální podoby zvuku v nekomprimované podobě. Jeho výhodou je to, že má velmi malé nároky na výpočetní schopnosti přehrávacího zařízení. Je vhodný pro editaci i pro následnou komprimaci, která je v případě nahrávky ve formátu WAV nutná. Jeho hlavní nevýhodou je velký objem dat a omezení velikosti jednoho souboru na 4 GB, což pro představu odpovídá 6,6 hodin záznamu v CD kvalitě (počet zvukových kanálů: 2.0, hloubka vzorkování: 16-bit, vzorkovací frekvence: 44,1 kHz) [3].

Pro zajištění kompatibility s existující a používanou audiotechnikou bylo stanoveno firmou Microsoft v roce 2007 pořadí pro zápis vícekanálových zvukových stop do jednoho souboru WAV. Pořadí je uvedeno v *Tab. 1* na následující straně. Zvukové kanály jsou uloženy v prokládaném datovém proudu a musí se pevně držet stanovené pozice. To platí i v případě, že není přítomno více kanálů, které jsou kódované do výsledného audio souboru prokládaně za sebou [2].

KANÁL ZVUKU			
Pořadí pozice	Zkratka	Anglický název	Český překlad
1.	FL	Front Left	Přední levý
2.	FR	Front Right	Přední pravý
3.	FC	Front Center	Přední středový
4.	LF	Low Frequency	Nízkofrekvenční (basový)
5.	BL	Back Left	Zadní levý
6.	BR	Back Right	Zadní pravý
7.	FLC	Front Left of Center	Přední levý středový
8.	FRC	Front Right of Center	Přední pravý středový
9.	BC	Back Center	Zadní středový
10.	SL	Side Left	Levý stranový
11.	SR	Side Right	Pravý stranový
12.	TC	Top Center	Horní středový
13.	TFL	Top Front Left	Horní přední levý
14.	TFC	Top Front Center	Horní přední středový
15.	TFR	Top Front Right	Horní přední pravý
16.	TBL	Top Back Left	Horní zadní levý
17.	TBC	Top Back Center	Horní zadní středový
18.	TBR	Top Back Right	Horní zadní pravý

Tab. 1 Pořadí skládání více kanálů zvuku do jednoho souboru WAV [3]

2.3 JPEG File Interchange Format, JPEG2000 (.JP2, .J2K, .JPF, .JPX, .JPM, .MJ2)

Zkratka formátu JPEG2000 je odvozena od jména společnosti, která tento pojem zavedla a jmenuje se Joint Photographic Experts Group [15]. Tento formát je nástupcem klasického, dnes nejvíce používaného, formátu JPEG. Umožňuje uchování dat bez použití i s použitím komprese. Při stejném kompresním poměru dosahuje JPEG2000 lepších výsledků než klasický JPEG. To jak po stránce kvality, tak do velikosti výsledného souboru. Je to způsobeno použitím dokonalejších kompresních algoritmů. Velkou výhodou je možnost kódovat některé oblasti obrazových dat s vyšší kvalitou než jiné a tím zmenšit výsledný soubor na minimum. Toho se využívá hlavně u složitějších obrazových dat [8].

2.4 Extensible Markup Language (.XML)

Jedná se o standardní formát pro výměnu informací, který je mezinárodně podporován a je vysoce kompatibilní. Zpracování XML je podporováno řadou programovacích jazyků. Je založen na jednoduchém textu a je zpracovatelný libovolným textovým editorem. Jazyk je určen zejména k výměně dat mezi aplikacemi a pro publikování dokumentů. U dokumentu

lze jednoduše popsat jeho strukturu z hlediska věcného obsahu jednotlivých částí. Je možné provést jednoduchou konverzi do jiného typu dokumentu, nebo do jiné aplikace [14].

2.5 Portable Network Graphics (.PNG)

Jedná se o datový formát určený pro uchování informací o grafických souborech charakterizovaný bezztrátovou kompresí rastrové grafiky. Pro titulky je PNG používán zejména díky vlastnosti průhlednosti rastrového souboru, která zamezuje tzv. aliasingu písmen. Tento formát je založen na RGBA barevném modelu, kde rastrový soubor může být v různých částech různě průhledný. Podle typu uložených obrazových dat lze vybrat jednu ze dvou možností přiřazení průhlednosti: buď každému pixelu umístěnému v rastrové mřížce, nebo každé barvě uložené v barevné paletě. Použitím formátu PNG je odstraněn problém s výběrem fontu pro zobrazení titulků [4].

3 Vytvoření souborového formátu

Vytvoření DCP formátu je podmíněno použitím specifické podoby zdrojových souborů, u kterých velmi záleží jak na formátu uložených dat, tak i na kvalitě použité záznamové techniky pro jejich vytvoření. Ve skutečnosti normální uživatel není schopný běžně dostupným technickým vybavením využít všechny přednosti souborového formátu DCP, které nabízí a díky kterým je používán. Pro profesionální tvorbu jsou jako zdrojové soubory dnes používány obrazové záznamy o čtyřnásobně větším rozlišení, než je dnes nejrozšířenější rozlišení HD 1080p, a zvukové záznamy s dvojnásobnou vzorkovací frekvencí a bitovou hloubkou, kterých je možné dosáhnout jen profesionálními mikrofony [9].

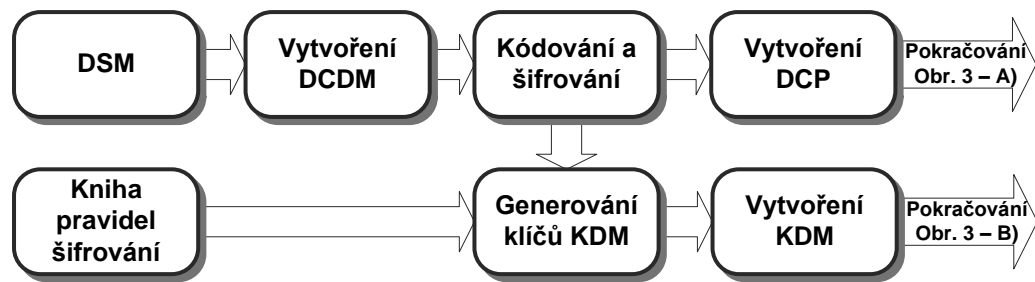
Celý proces vytvoření složitého balíku souborů je v praxi využíván odborníky masteringových či distribučních společností a amatéry (filmovými nadšenci). Výsledná podoba DCP je pak závislá na tom, zda soubory pochází z komerční či amatérské produkce. Rozdílnosti lze najít u použitých vstupních dat, profesionálním či amatérském hardwarovém a softwarovém vybavení i ve výstupních souborech. Při komerčním užití se tento formát především používá pro projekci filmu v kinosále, dále i pro reklamy, upoutávky a spoty, které jsou určeny pro projekci v digitálních kinech [9].

Při popisu tvorby a distribuce se budu zabývat formátem DCP v komerční sféře, u níž se nevyskytují taková technická omezení jako v amatérské, a pro pochopení celého procesu bude názornější.

Proces vytvoření DCP je tvořen těmito 3 základními kroky:

1. Digital Source Master (DSM) - *Obr. 1*
2. Digital Cinema Distribution Master (DCDM) - *Obr. 3*
3. Digital Cinema Package (DCP) - *Obr. 4*

V *Příloze A* je podrobné grafické znázornění všech kroků v procesu vytvoření DCP, které se skládá z již výše zmíněné třech základních kroků. Pro lepší názornost provázání vytvoření DCP s generováním šifrovacího klíče KDM je postup rozkreslen do jednotlivých subprocesů na *Obr. 1, Obr. 3, Obr. 4*.



Obr. 1 Postup vytvoření DCP a KDM [1][12]

3.1 Digital Source Master (DSM)

Předpokladem k vytvoření formátu pro digitální kina je existence souboru dat, vytvořených v postprodukci. Postprodukce je filmová fáze po natáčení, kdy se film upravuje do finální podoby [19]. Formát těchto dat i parametry záznamu nejsou pevně stanoveny. Závisí na poskytovateli, jaký formát pro práci předloží, ale současně z i na distributorovi, zda bude schopen tento formát dat zpracovat. Formát dat neboli jeho podobu tvoří: kvalita záznamu, počet poskytnutých stop záznamu a záznamové médium, na kterém jsou data uložena. Vstupní data mohou být v digitální i analogové podobě a jsou sestříhaná do finální podoby filmu. Dnes je bezvýhradně používaná digitální podoba záznamu a uložení dat [1, s. 4-5].

DSM je tvořeno:

- Obrazovým záznamem – video v analogové či digitální podobě.
- Zvukovými stopami – audio v analogové či digitální podobě.
- Titulky – text zpravidla v elektronické podobě.

3.1.1 VIDEO

Setkat se dnes s analogovým záznamem je možné zejména při digitalizaci analogových filmů, které byly natočeny dříve. Jako médium záznamu byl používán filmový pás o rozměru 35 mm. Na začátku digitalizace je filmový pás snímek po snímku jednotlivě snímán ve vysokém rozlišení speciálním filmovým scannerem a ukládán do formátu souboru TIFF. Dále jsou jednotlivé snímky editovány v grafických editorech za účelem úpravy barev a odstranění vad obrazu. Bývá to často způsobeno chybami skenování, časovou degradací záznamu nebo špatnou manipulací obsluhy se záznamem.

Oproti předchozímu postupu je zpracování digitálního záznamu obrazu podstatně jednodušší a výsledný obraz o poznání kvalitnější. Vliv na kvalitu záznamu má záznamová technika, kde velmi záleží na použitém hardwaru i softwaru, a zvolený formát souboru, do kterého jsou data ukládána. Je pochopitelné, že nejlepších výsledků lze dosáhnout použitím kvalitní záznamové techniky, uložením souboru bez použití komprese a v nejvyšší možné kvalitě. Sekvence snímků ve formátu TIFF má datový objem orientačně ve 2K rozlišení 2 TB a pro 4K 8 TB (uvedené hodnoty jsou uvedeny pro identickou délku filmu 200 tis. snímků). Podrobněji o rozlišení obrazu v kapitole 3.2.1 [1, s. 5-7].

3.1.2 AUDIO

Stejně jako u záznamu obrazu, byl i zvuk v historii v analogové podobě zaznamenáván a ukládán na různých nosičích. Nejprve je nutné zvukový záznam digitalizovat. Ten je pak dále upravován. Provádí se například normalizace hlasitosti a jsou odstraňovány různé vady na nahrávce, způsobené velmi často stárnutím záznamového média nebo mechanickým poškozením. Např. u magnetofonových pásek velmi často docházelo k poškození pásky snímací hlavou či mechanismem přehrávače. Pásky nebyly odolné vysokým teplotám ani působení prachu. Na záznamu se to projevuje zhoršením odstupu signál – šum nebo vnášením zvuků do zvukové nahrávky, které negativně ovlivňují její věrnost [18].

Na výsledné kvalitě se také velmi projeví kvalita použitých analogově – digitálních převodníků zvuku. Filmová studia používají bezvýhradně kvalitní digitální převodníky a ukládání bez použití komprese do souboru typu WAV se vzorkovací frekvencí 96 kHz a bitovou hloubkou 24 bit/vzorek. Každá sekvence snímků je vždy doprovázena vícekanálovou zvukovou stopou, která fyzicky reprezentuje jeden nebo více nosičů záznamu. Jedna stopa zvuku může obsahovat maximálně 18 kanálů pro prostorový zvuk. Každý kanál zvuku obsahuje jinou zvukovou informaci a pro dokonalé zachování prostorové informace musí být přítomno, pokud možno, co nejvíce kanálů [1][6].

3.1.3 TITULKY

Titulky jsou poslední oblastí, která je na filmu, reklamě či spotu upravována a kontrolována. Pro tvorbu a editaci titulků jsou dnes používány počítačové programy. Jako vzor struktury titulků bývá k dispozici šablona, která vychází ze scénáře. Tuto šablonu tvoří

software a obsahuje vše, co je potřebné pro vytvoření titulků ve všech jazykových mutacích. Šablona obsahuje v textové podobě informaci o obrazové i zvukové stopě. Dále jsou k dispozici překlady a poznámky k jednotlivým scénám, které usnadňují překlad a orientaci při časování titulků. Konečná kontrola je ale stále závislá na člověku, a to na rodilém mluvčím země, v jejímž jazyce jsou titulky tvořeny. Je totiž nutné kontrolovat mnoho aspektů, kterých software schopen není, např. přesné načasování, pohodlná rychlost čtení, správnost umístění titulků v obraze. Pouze rodilý mluvčí totiž dokáže titulky dovést k dokonalosti, aby každý divák stoprocentně pochopil děj filmu ve svém jazyce [1, s. 18].

3.2 Digital Cinema Distribution Master (DCDM)

Formát DCDM byl zaveden firmou Digital Cinema Initiatives (DCI) a jeho podoba datových formátů je pevně stanovena a upravena normami. Normovanou strukturu formátu DCDM vytvořily masteringové společnosti z libovolných zdrojů DSM, které jim poskytly zákazník. Důležité je zajištění dostatečné kontroly výstupní kvality dat DCDM. Spočívá v kontrole kvality jednotlivých struktur z hlediska samostatného přehrávání i synchronizace s ostatními strukturami.

V závěru je velmi důležitá kontrola uložených dat na přítomnost chyb, způsobených převodem. K tomuto účelu je zapotřebí, aby soubory DCDM byly přehrány na zařízení (projektoru, soustavě reproduktorů), pro které jsou určeny. To ale není možné na systémech, které používají digitální kina. Je to z toho důvodu, že data jsou ještě v tomto bodě procesu nekomprimovaná a všechny datové stopy mají velmi vysokou přenosovou rychlost, což klade vysoké nároky na schopnosti přehrávacího zařízení, zejména na výpočetní schopnosti procesoru.

Pro toto ověření a testování byly vytvořeny sestavy superpočítačů od firmy DCI, které jsou schopny tyto datové struktury přehrávat. Jedná se o velmi výkonné a velmi finančně nákladné přehrávací systémy, které jsou určeny pouze pro práci s DCDM a nejsou poskytovány k projekci v kinosálech [1][9]. Přehrávací zařízení pro tuto práci podléhají registraci a vlastní je pouze distribuční společnosti, které na těchto přístrojích pouze testují a prezentují svoji tvorbu zákazníkům před uvedením filmu do výroby a dále na trh [1, s. 4-6].

DCDM není určen pro distribuci ze dvou hlavních důvodů. Jednak obsahuje nekomprimovaná data s příliš velkým datovým tokem a především data nejsou nijak ochráněna šifrováním proti neoprávněnému přehrávání a manipulaci s nimi. Pro snížení objemu dat a požadavků na přehrávací zařízení je nutné následně data komprimovat. Musí být zvolena taková úroveň komprese, aby nebyla zdatelně snížena kvalita. Běžný divák si nesmí na projekci všimnout chyb vlivem použité komprese [1, s. 4-6].

DCDM je tvořeno:

- Obrazovou strukturou – formát J2C.
- Zvukovou strukturou – formát WAV.
- Titulkovou strukturou – formát PNG nebo XML.
- CPL (Composition Playlist) – formát XML.

3.2.1 VIDEO

Sekvence snímků jsou digitální, kódované použitím JPEG2000. Verze rozlišení obrazu pro digitální projekci mohou být dvě: s rozlišením 4096x2160 pixelů je označována jako 4K a rozlišení označované 2K disponuje polovičním rozlišením 2048x1080. Po vzoru klasické kinematografie a analogové televize je zajištěna podpora snímkového kmitočtu 24, 25, 48 a 50 fps [1, s. 7].

4K je novější, obrazově kvalitnější a datově objemnější než 2K. Pro projekci plného 4K rozlišení musí být k dispozici novější projektor, jinak procesor přehrávacího zařízení provede přepočítání do nižšího rozlišení 2K.

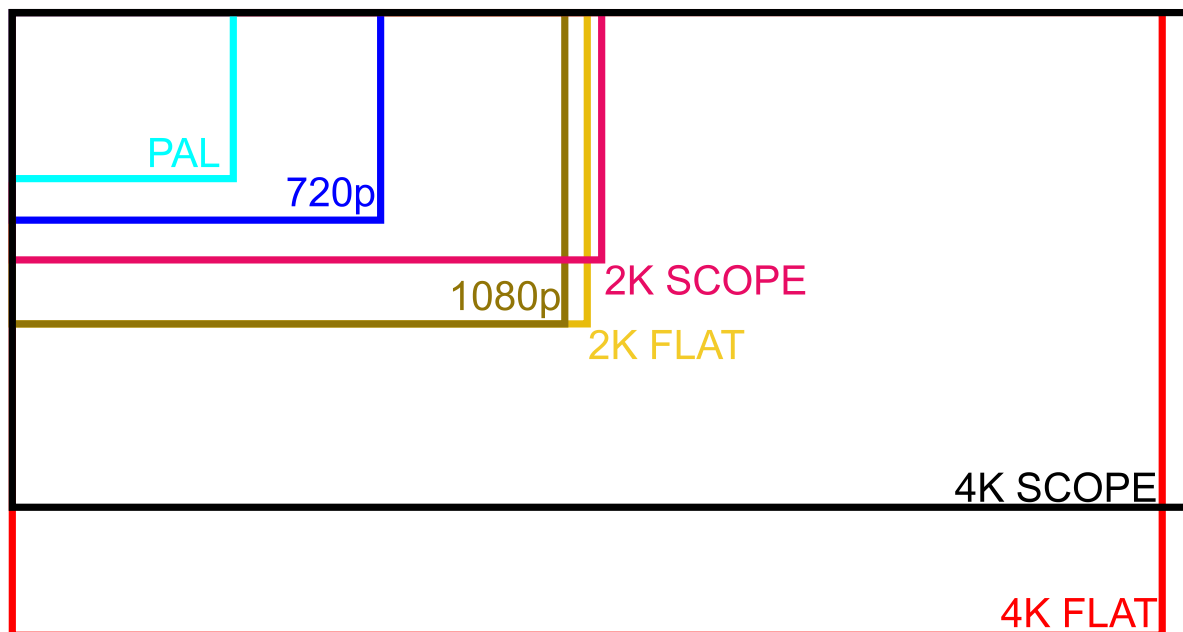
Pro nový digitální film a film digitalizovaný z analogového záznamu se používá rozdílná komprese obrazu. Je to z toho důvodu, že z historického záznamu na filmový pás není možné zachytit filmovým scannerem stejné množství kvalitních detailů, jako ze záznamu digitální kamerou, kde se snímky uloží přímo do obrazových digitálních souborů. Velikost výsledného objemu dat se liší podle toho, do jakého rozlišení je obraz exportován.

Typické používané poměry kompresí jsou [1]:

- animovaný film ~ 20:1,
- 2K digitální film ~ 10:1,

- 4K digitální film ~ 40:1.

Na Obr. 2 je názorně vidět srovnání poměrů a velikostí rozlišení obrazu, které je dnes používání a se kterými se můžete setkat v digitální kinematografii nebo v domácích podmínkách. V Tab. 2 jsou uvedeny číselné hodnoty rozlišení a poměry stran.



Obr. 2 Srovnání používaných typů rozlišení obrazu

Název	Poměr stran	Rozlišení (počet obrazových bodů: šířka x výška)
PAL	1,33:1	768x576
HD 720p	1,78:1	1280x720
HD 1080p	1,78:1	1920x1080
2K Flat	1,85:1	1998x1080
2K Scope	2,39:1	2048x858
4K Flat	1,85:1	3996x2160
4K Scope	2,39:1	4096x1716

Tab. 2 Srovnání používaných typů rozlišení obrazu[1][9]

3.2.2 AUDIO

Všechny zvukové stopy z DSM jsou zakódovány do jednoho souboru WAV podle pravidel kódování vícekanálových audio souborů na číselné pozice v souborovém kódu. Jsou uloženy bez komprese se vzorkovací frekvencí 96 nebo 48kHz a 24-bitovou hloubkou. V případě, že některý z kinosálů plně nedisponuje potřebným počtem reproduktorů

k plnohodnotnému přehrání obsahu záznamu zvukové stopy, přiřadí přehrávací zařízení zvukové kanály pozicím dostupných reproduktorů v systému [1].

3.2.3 TITULKY

Přítomny jsou stopy titulků v elektronické podobě. Titulky jsou již synchronizované s ostatními strukturami. Pro uložení titulků se využívá dvou formátů souborů: XML (textová podoba) nebo PNG (grafická podoba).

XML titulkový soubor se skládá z hlavičky (HEADER) a těla (BODY). Hlavička obsahuje informace určené pro KDM (název, pořadové číslo stopy, jazyk) a také nezbytné informace pro zobrazení titulků (název fontu, velikost písma, barva a styl). Tělo pak obsahuje informaci pro každý dialogový titulek. Pro jednotlivé titulky, stejně jako text sám, je zde informace o počátečních a koncových časech zobrazení a informace, které nevztahují ke každému individuálnímu dialogovému titulku. Např.: font písma, velikost, umístění v obraze apod. U titulků je velmi důležitý výběr specifického fontu písma pro určitý druh jazyka. Některé znaky nemusí vybraný font podporovat a tak by mohlo dojít ke špatnému zobrazení textu, nebo chybějícím částem. Na 90 minutový film připadá přibližně 1000 titulků zapsaných do formátu XML. Hlavní výhodou tohoto formátu je jeho malá velikost, která je proti výslednému médiu zanedbatelná [1, s. 18-19].

Ukázka titulků ve formátu XML:

HEADER:

```
<MovieTitle>Visiontext – A True Story</MovieTitle>
```

- **Název stopy**

```
<ReelNumber>1</ReelNumber>
```

- **Pořadí stopy**

```
<Language>English</Language>
```

- **Jazyk**

```
<LoadFont Id="Font1" URI="Arial Narrow.ttf" />
```

- **Určení fontu písma**

```
- <Font Color="FFFFFFFF" Size="28" Id="Font1" Italic="yes" EffectColor="FF000000" Effect="border">
```

- **Určení barvy a efektu písma**

BODY:

```
<Subtitle SpotNumber="1" TimeIn="00:01:01:208" TimeOut="00:01:06:052" FadeUpTime="0" FadeDownTime="0">
```

- **Časování titulku**

```
<Text VAlign="bottom" VPosition="14.00"> - Hello everyone!,</Text>  
- 1. řádka textu  
<Text VAlign="bottom" VPosition="7.00"> - Hello Maz! </Text>  
- 2. řádka textu  
  
</Subtitle>  
- Konec titulku
```

K vytvoření obrazových titulků ve formátu PNG z textových informací se používá speciální software, který umožňuje širokou škálu nastavení i nejmenších detailů vzhledu výsledných titulků. Pro představu: objem dat titulků pro 90 minutový film se pohybuje kolem 15-20MB. Každý titulek je reprezentován samostatným souborem PNG. Výsledná uložená struktura dat bude obsahovat soubory jednotlivých titulků ve formátu PNG a soubor XML, který určuje časování titulků. U každého zobrazovacího času tak není uveden text titulku pro zobrazení, ale je zde uvedena cesta k souboru na datovém nosiči, který se má zobrazit a jeho pozice na plátně [1, s. 18-19].

3.2.4 COMPOSITION PLAYLIST (CPL)

Jedná se soubor ve formátu XML, kde je uveden seznam příkazů, kterými se řídí přehrávací zařízení bod po bodu. Tento soubor určuje, v jakém pořadí se budou přehrávat jednotlivé stopy filmu, jakým způsobem dojde k rozšifrování dat, jaká zvuková verze bude použita, kdy budou automaticky rozsvícena či zhasnuta světla v sále, roztažena nebo zatažena opona apod. Definuje formát obrazu videa a dobu trvání jednotlivých stop.

Composition Playlist je schopen určit pasáže záznamu, které nebudou promítány v určité denní doby. V reálné projekci se jedná o cenzurované úseky, u kterých lze nastavit, aby se v určitý čas projekce nepřehrály. Je tak možné do více zemí světa distribuovat jeden datový nosič s různými playlisty a omezeními, která určuje zákon či distributor [1, s. 9].

3.3 Digital Cinema Package (DCP)

3.3.1 Struktura

Tento digitální datový formát je označován jako ekvivalent klasického filmového kotouče. Jednotlivé obrazové a zvukové struktury jsou zabaleny do samostatných souborů

formátu MXF a uloženy odděleně. Je to z toho důvodu, aby jednotlivé jazykové i titulkové stopy bylo možné separovat a umožnit oddělenou projekci.

MXF je nosný formát všech struktur (stop) dohromady, určený pro distribuci, který se tvoří z DCDM. Zde již k žádným změnám podoby stop, jako takových, nedochází. Video i audio je uloženo v souborech formátu MXF, titulky jsou v podobě XML nebo PNG a popisné soubory v XML. Mezi popisné soubory patří: Composition Playlist – CPL (playlist souborů), Packing list, Asset map file – ASSETMAP (seznam všech souborů v DCP), Volume index file – VOLINDEX (informace o hlasitosti). Označení DCP zahrnuje všechny tyto soubory. Packing list se přidává až na konci procesu a je podle něj možné ověřit, zda po dešifrování DCP nedošlo k nějaké ztrátě uložených dat a zda jsou všechna data řádně přečtena a chyby eliminovány [1][9].

Celý tento balík je v závěru zašifrován proti neautorizovanému přehrávání, kopírování a dalšímu porušování autorských práv pomocí KDM. Kompletní DCP obsahuje libovolné množství trailerů a reklam. Přesná struktura DCP závisí na použitém softwaru a může se v některých ohledech mírně lišit (např. ve struktuře adresáře) [1].

Velikost DCP filmu [zdroj: kino Měšťanská Beseda Plzeň]:

- délka: 1h 30m, rozlišení: 1998x1080, zvuk: 6 ch/24bit, velikost: 145 GB,
- délka: 2h 9m, rozlišení: 1998x1080, zvuk: 6 ch/24bit, velikost: 210 GB.

3.3.2 Key Delivery Message (KDM)

Jedná se o mechanismus zabezpečení, který je používán k tomu, aby nedošlo k neoprávněnému přístupu k datům DCP.

Při tvorbě DCP z DCDM je video i audio stopa šifrována a jsou vygenerovány unikátní klíče, které umožňují vlastníkovvi dešifrovat zašifrovaná data. Tyto dešifrovací klíče musí být bezpečně doručeny všem koncovým zákazníkům, kterými jsou například kina, distributorské či editorské společnosti. Každý klíč je unikátní a slouží k dešifrování pouze určité stopy, pro kterou je určen. Není možné, aby existoval klíč, který by dešifroval (zpřístupnil) všechny stopy na datovém médiu [1][5].

KDM má tři stupně zabezpečení [5]:

- 128 bitový AES klíč pro zabezpečení stopy videa a audia,
- RSA klíč se použije k zakódování obsahu do stupně č. 1,
- RSA klíč pro konečné zakódování obsahu do stupně č. 2 jiným druhem klíče stejného druhu.

KDM specifikuje [5]:

- blíže práva k CPL,
- přístupová práva k jednotlivým stopám,
- dobu platnosti klíče - denní dobu, časový interval,
- seznam důvěryhodných zařízení – veřejný klíč (public key).

KDM má podobu velmi malého digitálního souboru formátu XML, který distributor odešle do kina poštou uložený na USB paměti nebo jednodušeji jako přílohu elektronické zprávy. Obvykle se o výdej těchto klíčů stará externí firma. Data mohou rozšifrovat pouze zařízení, která vlastní unikátní soukromý klíč (private key), který je asociován s veřejným klíčem (public key) obsaženým v KDM.

První možnost dešifrování je pomocí soukromého klíče. Jedná se o popis zařízení vydaný výrobcem či dodavatelem. Je zde uvedena značka, model, sériové číslo, role zařízení v distribučním řetězci (mastering, playback...) a také důkaz o tom, že soukromý klíč pochází z důvěryhodného zdroje. Pokud by se stalo, že by byl neplatný (pirátský) certifikát zahrnut do databáze certifikátů, znamenalo by to finanční ztráty pro filmové produkce i masteringové společnosti. Proto je při vystavování certifikátů kladena zvýšená pozornost na důvěryhodnost žadatele.

Druhou možností dešifrování dat je pomocí internetu – digitálního kinoserveru (Digital Cinema Server). Jestli je pro tento server zařízení certifikováno, je schopné s jeho pomocí přehrát rozšifrovat chráněná data a umožnit přístup k obsahu. Informace o certifikaci zařízení pro server je uvedena v CPL. Pokud je zařízení certifikováno pro jinou generaci certifikátů KDM, musí být schopno KDM dešifrovat, extrahovat z něj potřebná data a vytvořit si svůj vlastní KDM, pro který je zařízení certifikováno a plně jej podporuje. To se stává v praxi

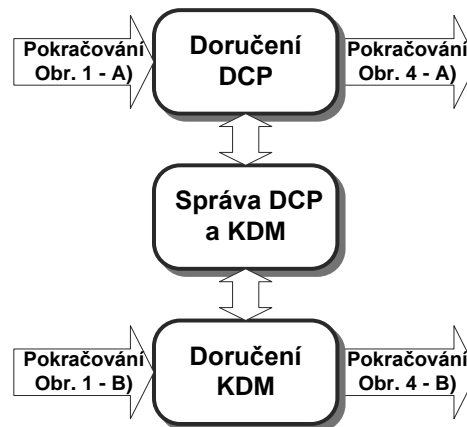
velmi často, protože je po světě rozšířené velké množství KDM i přehrávacích systémů a vydavatel klíče musí předem počítat s touto možností.

Typická databáze certifikátů je tvořena relativně malým počtem kořenových a podepsaných certifikátů, ale velkým množstvím přístrojových či listových certifikátů. Správcovství certifikační databáze je těžký úkol. Je to hlavně proto, že servery se mohou stěhovat za účelem opravy nebo výměny za novější modely. Provozovatelé kinoserverů jsou proto nuceni neustále komunikovat s distributory klíčů a poskytovat jim aktuální informace, aby jim bylo doručeno správný KDM pro projekci [1][5].

4 Distribuce

Doprava digitálního obsahu do kina může být provedena mnoha odlišnými způsoby. Distributor zvolí metodu, která je nejvhodnější pro přemístění velkého objemu dat a nejvýhodnější z ekonomického hlediska pro obě strany. Toto může být realizováno použitím fyzických médií či přenosem přes internet (například přes družici nebo po optickém vláknu).

Každá vybraná metoda pro distribuci musí být schopna technicky realizovat bezpečný přenos dat zabezpečený proti chybám. Toho lze docílit přidáním opravné stopy dat. [6, s. 49]. Zabezpečení doručení distribuovaných dat proti zneužití a neoprávněnému zacházení je dosaženo doručováním DCP a KDM zvlášť, viz *Obr. 3*.

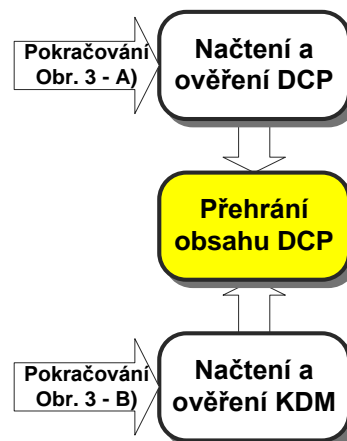


Obr. 3 Postup distribuce DCP a KDM [1][12]

5 Projekce

Digitální obsah může být uložen na místním nebo centrálním pevném disku kinoserveru. Místní disk je umístěn přímo u kinoserveru. Centrální disk je společný pro celý multiplex a je umístěn na centrálním stanovišti, které je přes ethernet s rychlostí 1 Gbit/s připojeno ke všem projektorům. V praxi je nejlepší kombinace obou řešení, kdy je centrální disk použit pro uchování všech dat a na místní disk je přesunut pouze digitální obsah potřebný pro nejbližší projekci [6].

Obr. 4 znázorňuje část distribučního řetězce u uživatele. Projekční systém po načtení obsahu ověří platnost autorských práv, které se k danému digitálnímu obsahu vztahují. Následně pomocí KDM data rozšifruje a spustí přehrávání dle CPL.



Obr. 4 Postup projekce DCP použitím KDM [1][12]

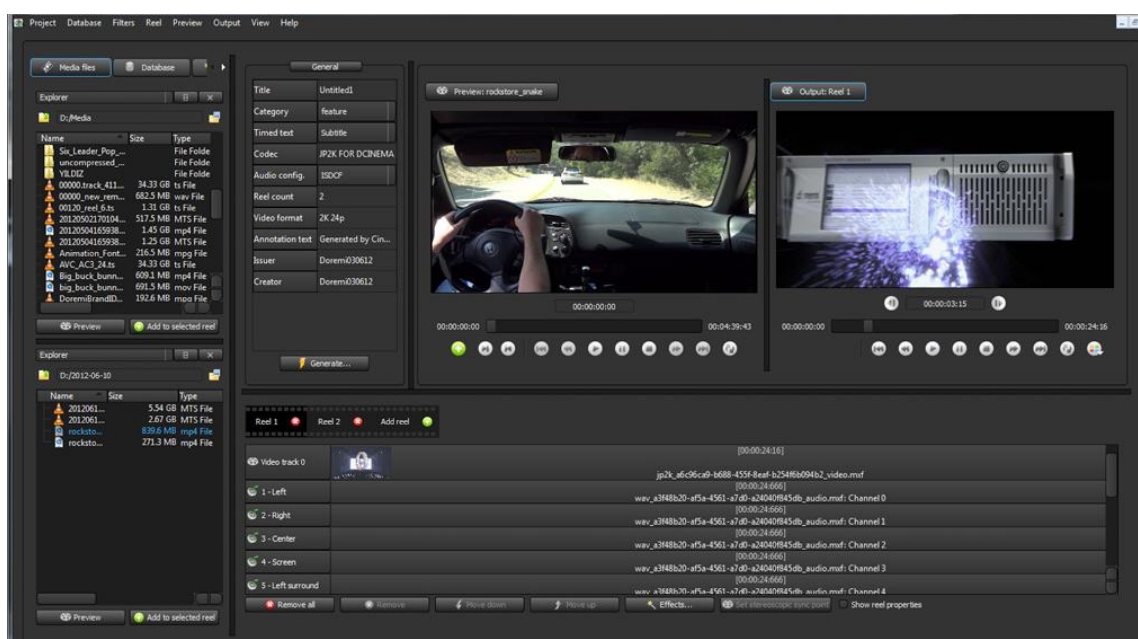
6 Testování

V této kapitole je uveden popis průběhu testování volně dostupných programů pro vytvoření formátu DCP. Těchto programů je poměrně velké množství. Pro zorientování v nabídce pro výběr bylo zvoleno kritérium, zda se jedná o komerční nebo nekomerční produkt.

6.1 Komerční softwarové produkty

Komerčních produktů je na trhu velké množství. Velmi často zastávají nejen funkci konvertoru videa, ale také jednoduchého editoru. Tyto produkty obsahují velké množství možností pro nastavení vlastností a parametrů převáděných dat. Oproti nekomerčním produktům lze detailněji nastavit všechny parametry kódování, a navíc podporují šifrování pomocí KDM. Každý program pro tuto práci má specifické rozhraní a každá firma si velmi důsledně chrání know-how tohoto software. Proto pro běžného uživatele není možný jakýkoliv přístup k funkční verzi takového produktu. Mezi nejpoužívanější komerční masteringové produkty patří tyto programy [9]: Doremi CineAsset, DVS Clipster, Cute DCP, QubeMaster Pro, Dolby SCC2000.

Na Obr. 5 je znázorněn formulář komerčního programu CineAsset Editor: Pro od firmy Doremi Labs. Je zde uveden proto, aby bylo možné porovnat vypělost ovládání a nabízenou funkčnost komerčních (placených) programů a nekomerčních (volně dostupných programů).



Obr. 5 Okno programu CineAsset Editor: Pro [16]

6.2 Nekomerční softwarové produkty

Dle zadání své práce jsem věnoval pozornost především nekomerčním produktům, které lze užívat zdarma, případně je pouze vyžadována registrace na webových stránkách produktu. Bylo nutné vytvořit seznam programů k testování. Jako výchozí seznam pro hledání vhodného programu jsem použil seznam uvedený v [9] a programy třídil podle požadavků v zadání.

Hlavní požadavky na software:

- freeware – volná dostupnost,
- jednoduchá instalace i ovládání,
- rychlost kódování,
- žádná omezení: času kódovaného záznamu, přidání textu či loga do obrazu,
- možnost základních nastavení výstupu,
- široká škála podporovaných kodeků.

I když se jedná o velmi specifické produkty, je jich dnes k dispozici pro použití velké množství. Hlavním nedostatkem všech programů je jejich nedokončený a neověřený vývoj. Velmi často docházelo při používání aplikací, že místo odpovědi na příkaz nebo vykonání nějakého příkazu došlo buď k neadekvátní odpovědi, k nesprávnému vykonání příkazu, nebo v horších případech k nečekanému pádu či zamrznutí aplikace. V *Tab. 3* jsou uvedeny programy, které svými parametry splňují všechny hlavní požadavky a které byly testovány.

Název	Vstupní formáty	Výstupní formáty	Operační systém	Licence
DCP Builder	Sekvence snímků, video s externími kodeky FFmpeg	JPEG2000, MXF, XML, 3D	Windows, Mac OS X, Linux	Freeware – potřeba registrace
DCPC	Sekvence snímků a audio stopa s určitými parametry	JPEG2000, MXF, XML, 3D	Windows	Freeware – omezené funkce
DVD-o-matic	Video	JPEG2000, MXF, XML	Windows, Linux	GNU

Tab. 3 Srovnání parametrů nekomerčního software[7][10][11]

U všech programů pro tvorbu DCP se jednotně uvádí, že není vhodná instalace programu na přenosný počítač. Je to z toho důvodu, že přenosné počítače disponují celkově horšími hardwarovými parametry a špatným chlazením. Při dlouhodobém zatížení procesoru by tak mohlo dojít k přehřátí přenosného počítače. Samozřejmě, že u stolních počítačových sestav platí, že čím výkonnější počítač bude mít aplikace k dispozici, tím rychleji bude převod zpracován. Velmi záleží na parametrech, jako jsou: frekvence procesoru, frekvence sběrnice, velikost RAM paměti a v neposlední řadě na rychlosti pevného disku [7].

Minimální HW požadavky [7]:

- **frekvence CPU:** 1 GHz (optimální 2GHz),
- **paměť RAM:** 1 GB (optimální 2GB),
- **pevný disk:** 500 GB volného místa pro 2- hodinový film.

Parametry počítače, na němž probíhalo testování:

- **operační systém:** Microsoft Windows 7 Professional 64-bit,
- **procesor:** Intel Core 2 Duo E4500 2.20GHz,
- **paměť RAM:** 2,00 GB DDR2 333MHz,
- **pevný disk:** SAMSUNG HD322HJ (SATA), 7200 otáček/min., 16 MB cache.

6.3 Přehled testovaných programů

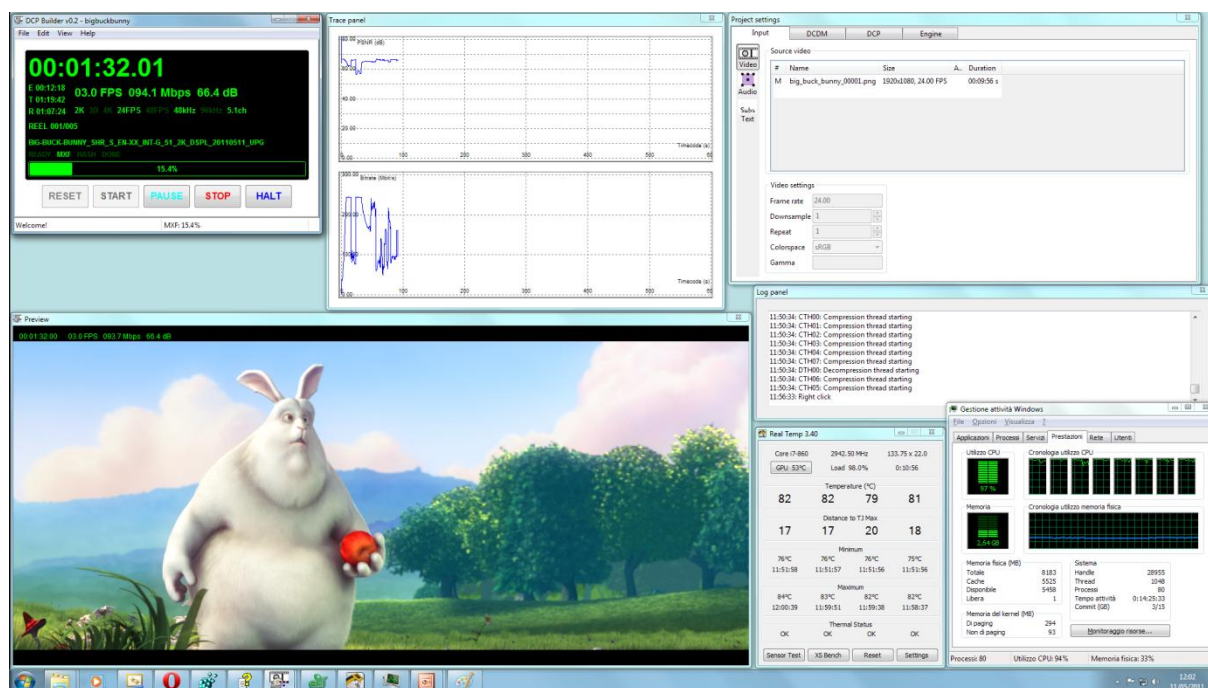
6.3.1 DCP Builder

Nabízí nejvíce možností a podrobného nastavení z 3 uvedených programů, je velmi přehledný a poskytuje možnosti nastavení kódovaného obsahu. Vývoj programu probíhá pod záštitou Italské Univerzity města Perugia (Università degli Studi di Perugia) a podporuje největší škálu operačních systémů: Microsoft Windows 32-bit a 64-bit, Ubuntu Linux 32-bit a 64-bit, Apple Mac OS X 32-bit a 64-bit, openSUSE Linux 32-bit a 64-bit, CentOS 6 Linux 64-bit.

Program umožňuje použití zdrojových souborů v oddělené formě – snímky ve formátu TIFF a zvukové kanály, nebo i ve formě souboru videa se zvukovými kanály. Jako zdroj kodeků pro video je použit svobodný software FFmpeg.

„FFmpeg je kolekce svobodného softwaru umožňujícího nahrávání, konverzi a streamování digitálního zvuku (audia) a obrazu (videa).“ [17]

Použití programu však obsahuje jednu nevýhodu. Je nutná registrace na internetových stránkách tohoto programu s vyplněním podrobné elektronické žádosti o vydání sériového klíče. Elektronická žádost musí být oproti jiným podobným registracím poměrně podrobná a musí obsahovat podrobný účel pro použití programu, instituci atp. V mém případě byla žádost o přidělení klíče ze studijních důvodů zamítnuta. Pro odemknutí potřebných funkcí tohoto programu bylo získání sériového klíče nezbytné a tak bylo nutné najít alternativní software.



Obr. 6 Program DCP Builder [7]

6.3.2 DCPC – Digital Cinema Package Editor

Jedná se o program, který je vyvíjen v Německu a je dostupný pouze na platformě Microsoft Windows. Je vydáván v nekomerční i komerční verzi za 650,- €. Tato cena zahrnuje pouze samotný program pro kódování, který je identický s nekomerční verzí. Pro podporu kódování více stop do jednoho souboru DCP, více zvukových kanálů v maximální konfiguraci 7.1 a titulků je nutné dokoupení zásuvných modulů. Celková cena programu se všemi dostupnými moduly se tak vyšplhá až na 920 €.

Funkce programu [10]:

- 2D i 3D obrazové stopy,
- 2K, 4K rozlišení obrazu,
- 6-ti kanálový zvuk 24 bit/48 kHz,

- vytvoření filmu i statického snímku,
- podporované formáty: BMP, TIFF, DPX, MPEG2, WAV (24-bitová hloubka),
- rychlost snímků: 24, 25, 30, 50,
- kódování 48 fps i v 3D,
- podpora užití až 16 jader procesoru,
- konverze RGB do XYZ barevného prostoru.

Program je velmi přehledný a ovládání jednoduché; viz *Příloha B, Obr. 9*. Pro konverzi natočeného videa do formátu DCP je postup za pužití tohoto programu poměrně složitý a je nutné k tomu využít ještě dva nekomerční programy: VirtualDub a XRecode.

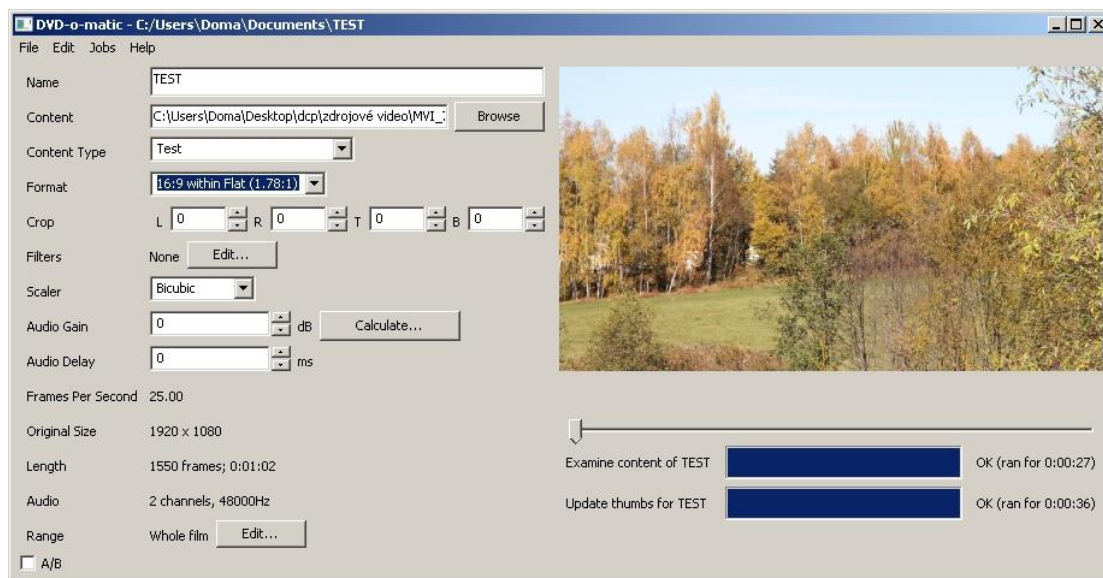
V programu VirtualDub se ze zdrojového videa vytvoří sekvence snímků ve formátu BMP, upraví se do rozlišení, které podporuje program DCPC a převzorkují se na 24sn/s. Dále se ze zvuku videa vytvoří samostatná audio stopa ve formátu WAV. Pomocí programu Xrecode se audio stopa navzorkuje na hloubku 24 bitů. Nyní jsou již k dispozici dva vstupní soubory, které jsou připravené pro kódování do DCP. Po spuštění programu DCPC je uživatel vyzván k výběru druhu tvořeného DCP. Lze si vybrat mezi 2D 2K, 2D 4K, 3D Movie nebo statického obrázku. Po výběru výsledného formátu program zobrazí formulář, v němž je nastavena cesta ke zvoleným zdrojovým souborům. Následně je spuštěna akce na vytvoření formátu DCP.

6.3.3 DVD-o-matic

I přes nic nevypovídající název programu se jedná o velmi schopný a jednoduchý program. O vývoj tohoto programu starají pouze čtyři lidé pod vedením Carla Hetheringtona. Je dostupný ve 32 i 64-bitové verzi pro operační systémy Microsoft Windows a Ubuntu Linux. V průběhu psaní této práce je připravován vývoj aplikace pro operační systém MAC OS X. Používají jej kina po celém světě, např. v USA, Velké Británii, Austrálii, Německu.

Velkou výhodou spatřuji v tom, že ve většině případů není nutné manuální párování programu s dostupnou instalací kodeků v počítači. Součástí základní instalace jsou totiž standardní používané kodeky. Program ale i umí použít kodeky, které jsou již v systému nainstalované. Vstupní formát souboru může být jakýkoliv běžný typ formátů video souborů

nebo statického snímku. Obsluha software je velmi jednoduchá. Doba potřebná pro kódování videa o délce 65 sekund v rozlišení HD 1080p na testovacím počítači činila cca 40 min. Čas potřebný ke kódování je závislý na použitém kodeku vstupních souborů.



Obr. 7 Program DVD-o-matic

Na Obr. 7 je zobrazen jednoduchý úvodní formulář pro nastavení parametrů pro převod. Proveďte se vždy před zahájením převodu vyplněním základních parametrů výstupu do příslušných polí. Jako základní a nezbytné považuji uvedení adresy místa na disku vstupního a výstupního souboru, název výstupního souboru, ořez a výchozí rámeček obrazu. Další parametry, které lze nastavit jsou například filtry obrazu videa či synchronizace zvuku s videem pomocí nastavení zpoždění. Za jediný nedostatek tohoto programu považuji to, že u některých formátů souborů program špatně rozpoznává snímkovou frekvenci a kódování neproběhne v pořádku. U nejnovější verze programu DVD-o-matic 0.89 (k datu: 28. května 2013) je tento problém vyřešen.

Tento program jsem vybral jako nejlepší volně dostupný software pro vytvoření DCP díky jeho kompatibilitě s velkým množstvím formátů. V Příloze C je uveden podrobný návod na použití tohoto programu. Zjistit kompletní seznam dostupných kodeků pro vstupní soubory, které program podporuje, se mi nepodařilo. V manuálu k programu DVD-o-matic [11] je uvedeno, že by měl být program schopný spolupracovat s kodeky FFmpeg.

7 Závěr

Vytvoření formátu DCP pomocí nekomerčních produktů ze zdrojových souborů není jednoduchá záležitost, pokud k tomu mají být využity legálně volně dostupné programy. Ještě před několika lety nebyl dostupný žádný nekomerční software pro tento účel. Z toho důvodu by ani nebylo možné psát tuto bakalářskou práci. Dnes se ale již touto problematikou zabývá velké množství softwarových firem, počítačových programátorů i nadšenců, kteří za několik let udělali velký krok vpřed právě ve vývoji softwarových produktů, které toto umožňují. V současné době mají i běžní uživatelé, zajímající se o kódování do formátu DCP, na výběr z několika dostupných programů. O úplné bezchybnosti tohoto softwaru však zatím hovořit nelze. Důvodem toho je převážně malý počet lidí, který se vlastního vývoje účastí. Obvykle to není jejich hlavní náplň práce a věnují se tomu jako svému koníčku. Ale i tak je dnes volně dostupný software na takové úrovni, že se stává reálnou hrozbou komerčních produktů, na jejichž pořízení je nutno vynaložit velké finanční prostředky.

Při výběru programu pro vytvoření DCP jsem věnoval velkou pozornost programu DCP Builder, protože má již za sebou několikaletý vývoj a na internetu je mezi uživateli hojně diskutován. Jak je zřejmé z *Obr. 6*, jedná se o důmyslně zpracovaný program, který nabízí uživateli velmi přehledné a podrobné nastavení pro práci. Dle mého názoru je ale tento program pro běžného uživatele nepoužitelný díky komplikovanému postupu při přidělování sériových klíčů. V mém případě, jak jsem již výše uvedl, žádost o vydání sériového klíče pro účely této bakalářské práce byla zamítnuta. Po zpřístupnění programu s platným sériovým klíčem, který byl vydán na jméno mého vedoucího bakalářské práce, nastaly další komplikace s dostupnými kodeky, a proto jsem tento program zavrhl.

Je velmi pravděpodobné, že pro amatérské použití je již DCP Buidler překonán programem DVD-o-matic. Není to pouze z důvodu problémové s registrace. Hlavní výhodou DVD-o-matic je skutečnost, že po instalaci není nutné složité doinstalování kodeků a jejich párování s programem. Program totiž používá běžné kodeky z operačního systému a práce s tímto programem se tak stává velmi jednoduchou, rychlou a spolehlivou. Pro testování přehrávání DCP jsem zvolil program Fraunhofer easyDCP Player, který umožní v nekomerční verzi přehrát prvních 15 sekund filmové stopy a pro ověření kódovaného DCP plně dostačuje.

Testování formátu DCP dále probíhalo v prostorách kina Měšťanské Bersedy v Plzni na kinoserveru Doremi – ShowVault pod systémem Linux - Debian 4.0 s projektořem Christie CP2220. Více informací v *Příloze D*.

Pro vytvořeni uceleného seznamu kompatibilních formátů souborů jsem použil seznam podporovaných kodeků programem Adobe Premiere Pro CS4. V následujících kapitolách 7.1 až 7.3 jsem shrnul hodnocení testovaných programů.

7.1 DCP BUILDER

Program je na nejvyšší úrovni z těchto tří uvedených programů z hlediska velkého rozsahu nastavení. Pro zorientování v něm jsem si musel přečíst manuál a jednotlivé funkce vyzkoušet. Při testování jsem se setkal s velkými problémy z hlediska párování programu s externími kodeky FFmpeg. Spárování bylo jednou z funkcí omezených registrací a vydáním sériového čísla. Na základě toho byl tento program nepoužitelný.

7.2 DCPC

Program je velmi nepřehledný a instalace s prvotním nastavením programu je bez pečlivého čtení manuálu nemožná. Funkčnost programu je dobrá za předpokladu dodržení postupu kódování, který je uveden v kapitole 6.3.2. Zejména se jedná o úpravu vstupních souborů pomocí jiného softwaru do podoby, ve které je možné použít soubory pro kódování programem DCPC. V mém případě se jednalo o úpravu snímkové frekvence obrazu, vzorkovacího kmitočtu zvuku a bitové hloubky zvuku. K těmto činnostem byly použity volně dostupné programy VirtualDub a XRecode.

7.3 DVD-O-MATIC

Instalace programu probíhá bez problémů a nevyžaduje žádné prvotní nastavení. Ve starších verzích programu bylo velké množství chyb, které činily program téměř nepoužitelným. V průběhu psaní této práce však došlo k uvolnění velkého množství opravných verzí, které znatelně tyto chyby eliminovaly. Ovšem i tyto některé verze na základě snah o zdokonalení a rozšíření nastavení kódování vytvářely nové chyby, které se v původní verzi nevyskytovaly. Vývojový tým si je toho plně vědom a proto na webových

stránkách programu <http://carlh.net/software/dvdomatic/index.php> je dostupných až 8 starších verzí programu.

Tento program zaznamenal za posledních půl roku značný a nejrazantnější vývoj z uvedených programů. Dle mých zkušeností se jedná o nejpoužitelnější softwarové řešení.

V Tab. 4, která je na následující straně, jsou uvedeny testované formáty souborů. Hodnota funkčnosti udává, zda byl daný formát překódován úspěšně. Hodnota „1“ značí, že video bylo překódováno i přehráno v pořádku. Hodnota „2“ udává, že kódování a následné přehrávání proběhlo úspěšně pouze za předpokladů, že u daného formátu musely být změněny určité parametry, aby bylo kódování úspěšné. Jedná se např. o vzorkovací kmitočet zvuku, o rozlišení obrazu a fps. V některých případech však z neznámých důvodů docházelo při kódování daného formátu k pádu aplikace nebo formát byl překódován, ale přehrávání nebylo možné z důvodu poškozeného souboru. Tyto problémy přisuzují pouze skutečnosti, že vývoj programu není plně dokončen.

	Formát	Funkčnost
Video	3GPP Movie (.3gp)	1
	Advanced Video Codec (.mts)	2
	DV stream (.dv)	2
	Flash Video (.flv)	2
	Microsoft AVI (.avi)	1
	Microsoft NetShow (.asf)	2
	MPEG-1 (.mpg)	1
	MPEG-2 (.m2v, .mpg)	1
	MPEG-4 (.mp4)	1
	QuickTime Movie (.mov)	1
	Windows Media (.wma, .wmv)	1
Obraz	Bitmap (.bmp)	1
	JPEG (.jpg)	1
	Portable Network Graphics (.png)	1
	TIFF (.tiff)	1
Zvuk	Advanced Audio Coding File (.aac)	2
	Audio Video Interleaved (.avi)	1
	Dolby Digital (.ac3)	2
	MPEG Audio (.m4a, .mp3)	1
	MPEG Audio (.mpeg, .mpg)	1
	QuickTime (.mov)	1
	Windows Media Audio (.wma)	1

Tab. 4 Výsledky testování vybranými kodeky

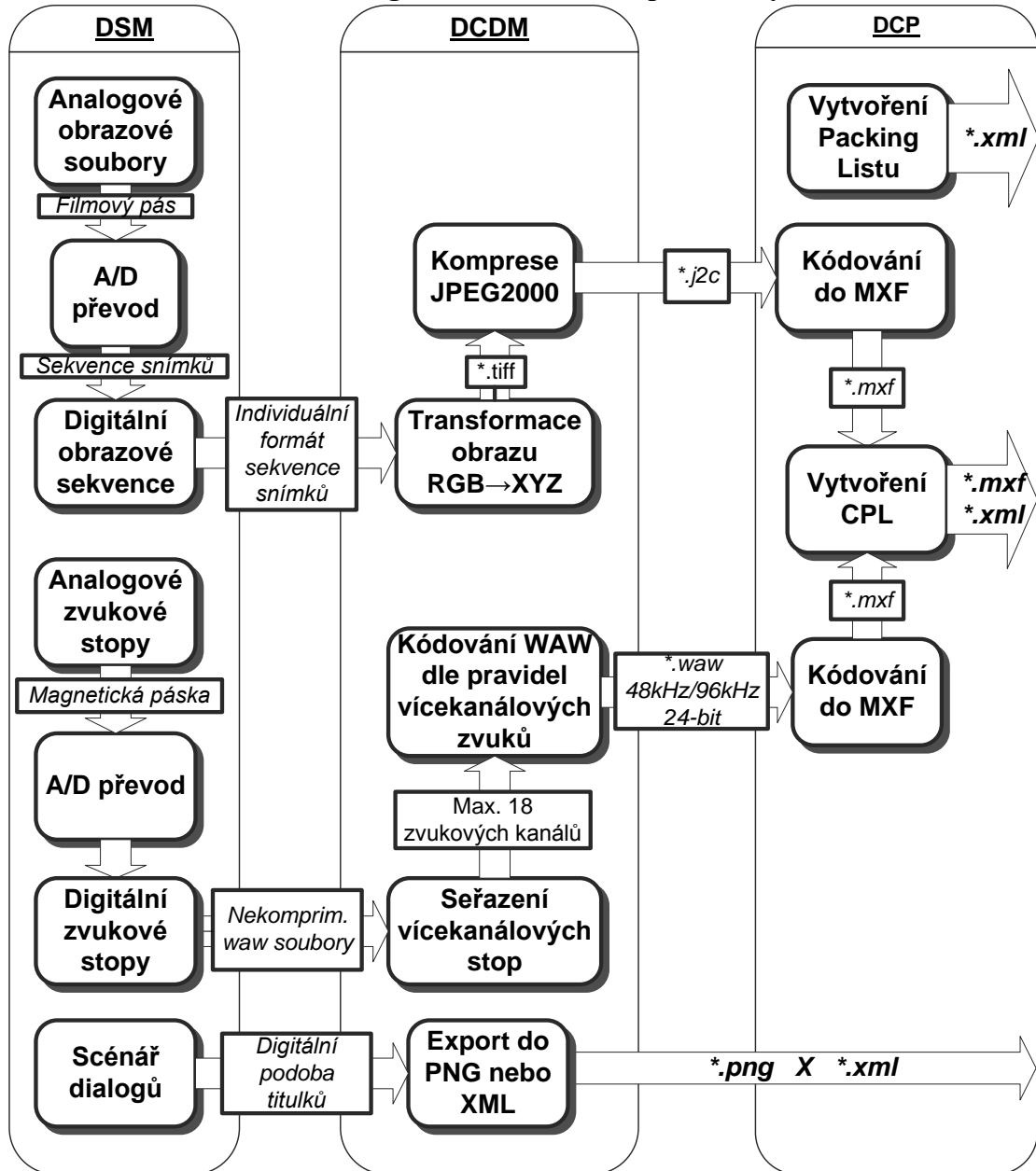
Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] GRAHAM, John. THE EUROPEAN DIGITAL CINEMA FORUM – EDCF. *The EDCF Guide to Digital Cinema Mastering* [online]. United Kingdom: EDCF General Secretary, 2007 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.edcf.net/edcf_docs/edcf_mastering_guide.pdf.
- [2] WAV. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013, 22 February 2013 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/WAV>
- [3] Multiple Channel Audio Data and WAVE Files. MICROSOFT CORPORATION. *MSDN - the Microsoft Developer Network* [online]. 2007 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://msdn.microsoft.com/en-us/windows/hardware/gg463006.aspx#top>
- [4] PNG is Not GIF - Root.cz. TIŠNOVSKÝ, Pavel. INTERNET INFO S.R.O. *Root.cz* [online]. 2006 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/png-is-not-gif/#k04>
- [5] FILMPRINT S.R.O. *Filmprint DIGITAL* [online]. 2010 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://filmprint.cz/>
- [6] Digital Cinema System Specification: Version 1.2. *Digital Cinema Initiatives* [online]. 2012, 10.10.2012 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://dcimovies.com/specification/DCI_DCSS_v12_with_errata_2012-1010.pdf
- [7] *DCP Builder* [online]. 2012 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://www.dcpbuilder.com>
- [8] JPEG 2000: Nový webový standard. *Computerworld* [online]. ComputerPress, 2002 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://computerworld.cz/archiv/jpeg-2000-novy-webovy-standard-17880>
- [9] Digital Cinema Package. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013, 16 February 2013 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Cinema_Package
- [10] REICHEL, Lars. *Terminal-Entry.de* [online]. 2012 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://cinema.terminal-entry.de/>
- [11] *DVD-o-matic* [online]. 2013 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://carlh.net/software/dvdomatic/>
- [12] ARRI Group: Workflow. *Arri Group* [online]. 2013 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://www.arri.com/film_tv_services/our_services/digital_cinema/workflow.html#
- [13] TIFF: Summary from Encyclopedia of Graphics File Formats. *FileFormat.info: The Digital Rosetta Stone* [online]. 2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://www.fileformat.info/format/tiff/egff.htm>
- [14] Extensible Markup Language - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language
- [15] JPEG - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/JPEG>
- [16] *Doremi Labs - Technology leadership for digital cinema* [online]. © 1985-2013 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.doremilabs.com/>
- [17] FFmpeg - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/FFmpeg>

- [18] Audiokazeta - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Audiokazeta>
- [19] Postprodukce - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Postprodukce>

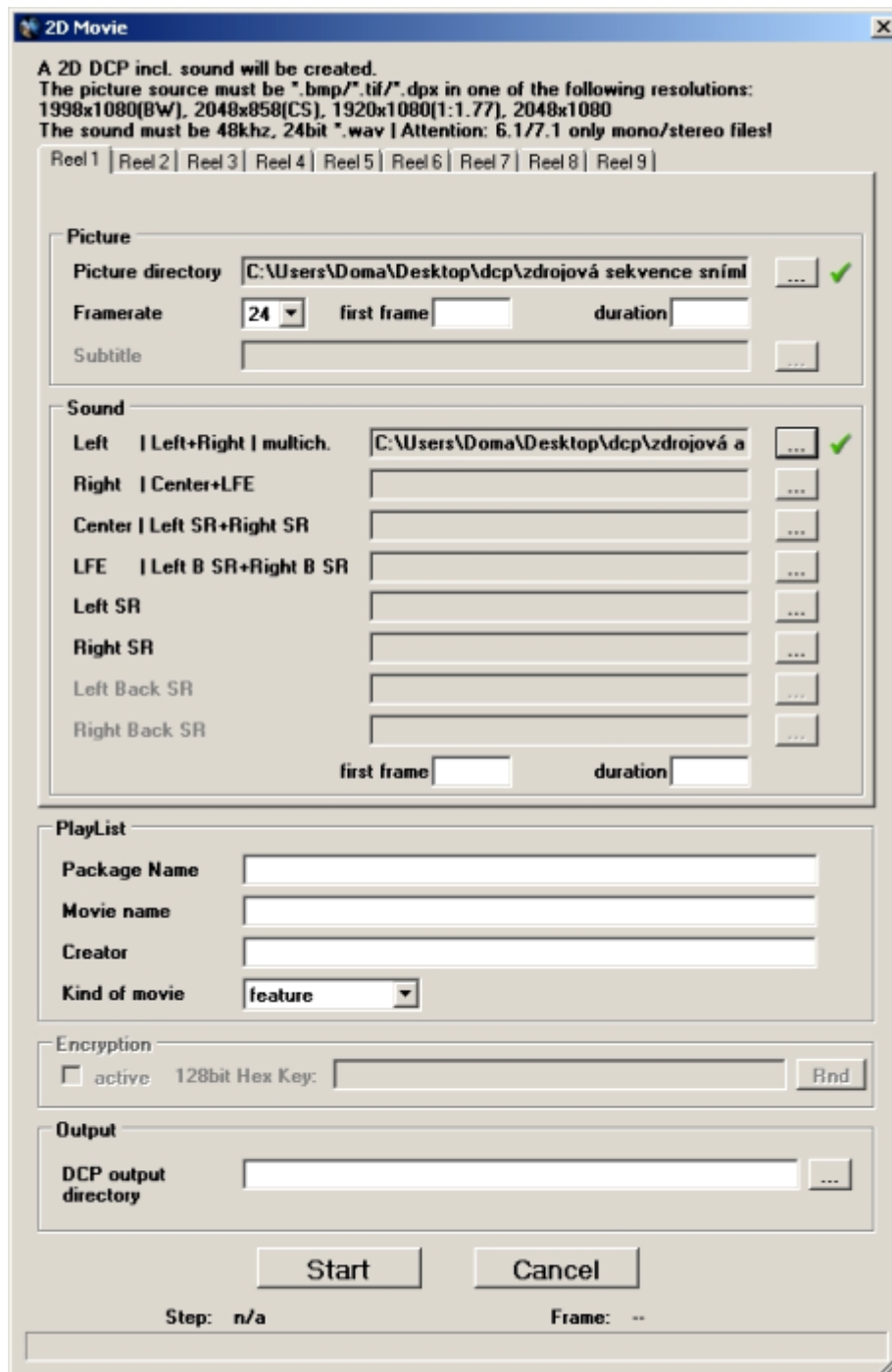
Přílohy

Příloha A - Podrobné grafické znázornění procesu vytvoření DCP



Obr. 8 Podrobné grafické znázornění procesu vytvoření DCP

Příloha B - Program DCPC – Digital Cinema Package Editor



Obr. 9 Program DCPC – Digital Cinema Package Editor

Příloha C - Uživatelský manuál k vytvoření DCP pomocí programu DVD-o-Matic

<u>Parametry zdrojového videa pro testování</u>	
Název	MVI_7057.MOV
Vytvořeno	21.října 2012
Velikost	352MB
Konteiner	Apple Quick Time (.MOV)
Kodek	H.264
Rozlišení obrazu	1920 x 1080
Poměr stran	1.778 (16:9)
Délka	1m 2.240s
Počet snímků	1556sn (celkem), 25 sn/s
Počet kanálů zvuku	2.0
Vzorkovací frekvence zvuku	48kHz
Bitová hloubka zvuku	16 bitů

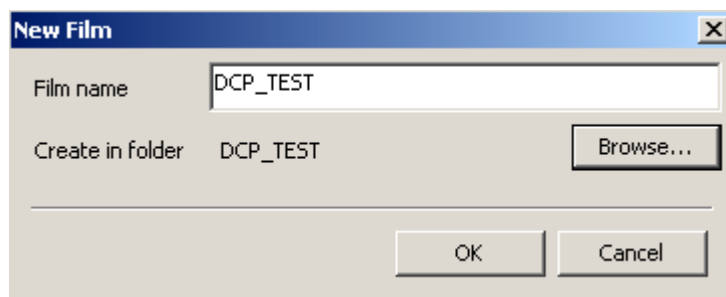
Tab. 5 Parametry zdrojového videa pro testování (zdroj: program GSpot v2.70a)

Testované vstupní formáty (uvedeno ve formátu: „kontejner (kodek)“):

3gp (ITU H.263 video (3GPP)), asf (S-Mpeg 4 version 3), avi (H.264/MPEG-4 AVC), mkv (H.264/MPEG-4 AVC), mov (H.264), mp4 (H.264/MPEG-4 AVC), mpeg1 (MPEG-1), mpeg2 (MPEG-2), vob (MPEG-2), FMV (WMP v8).

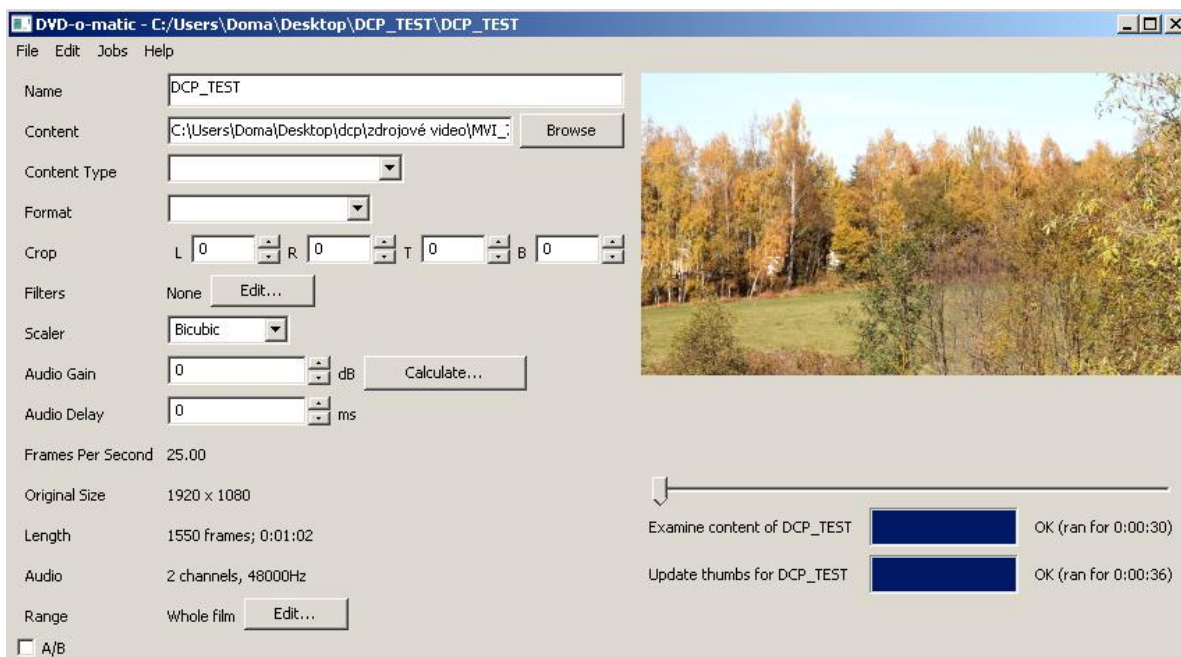
Postup:

1. Po spuštění programu se zobrazí úvodní nevyplněný formulář s nastavením.
2. V panelu nástrojů zvolte **File** → **New**.
3. Systém otevře formulář **New Film**, viz *Obr. 10*. Do pole **Film name** zadejte název, jak se bude jmenovat vytvořené DCP. V uvedeném případě na obrázku byl soubor nazván „DCP_TEST“.
4. Klikněte na tlačítko **Browse** a zadejte cestu, kam bude výsledný soubor uložen.



Obr. 10 Okno programu pro nový film

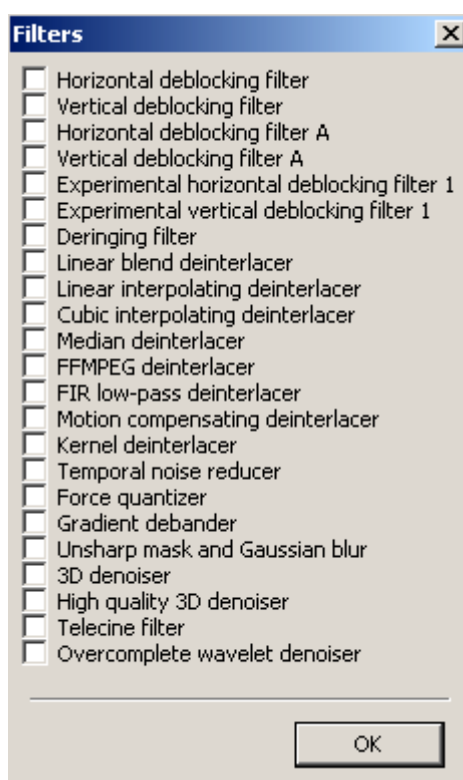
5. Potvrďte stisknutím tlačítka **OK**.
6. Systém zobrazí formulář s již částečně vyplněným nastavením pro vytvoření DCP. V poli **Name** je zobrazen název výsledného souboru. V poli **Content** je zobrazena výchozí cesta pro ukládání, která je přednastavena programem pro vytvoření DCP. Nastavte – změňte cestu, kde máte uložen vstupní soubor.
7. Poté systém provede kontrolu obsahu videa a v pravé části formuláře zobrazí, viz. Obr. 11.



Obr. 11 Program DVD-o-matic

8. Ve formuláři nastavte další hodnoty:
 - **Content type** (Druh obsahu) – podle obsahu, který je použit pro DCP zde můžete vybrat, jak bude obsah popsán v CPL.
 - Kliknutím na šipku v pravé části pole se otevře seznam, vyberte jednu z možností: Feature, Short, Trailer, Test, Transitional, Rating, Teaser, Policy, Public Service Announcement, Advertisement

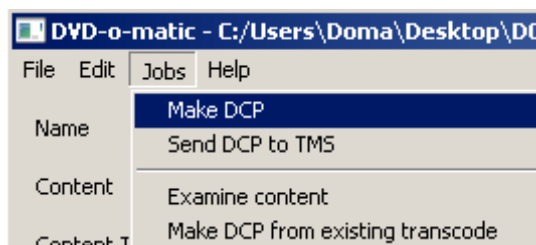
- **Format** (Formát obrazu) – kliknutím na šipku v pravé části pole se otevře seznam, vyberte jednu z možností: 1.19 (1.19:1), 1.33 (1.33:1), 1.375 (1.38:1), 4:3 within Flat (1.33:1), Academy (1.37:1), 1.66 (1.66:1), 1.66 within Flat (1.78:1), Flat (1.85:1), Scope (2.39:1)
- **Crop** (Ořez) – určuje, na jaké straně dojde k ořezu obrazu: L – Left (Vlevo), R – Right (Vpravo), T – Top (Nahoře), B – Bottom (Dole)
- **Filters** (Filtry) – pro zadání filtrů obrazu. Stisknutím tlačítka **Edit** se otevře formulář **Filters**, viz *Obr. 12*. Zaškrtnutím v zobrazeném formuláři provedte výběr a potvrďte stisknutím tlačítka **OK**.



Obr. 12 Nabídka filtrů obrazu - Filters (Filtry)

- **Scaler** (Škála) – obsahuje postup zpracování obrazu při jiném vstupním a výstupním formátu obrazu. Kliknutím na šipku v pravé části pole se otevře seznam, vyberte jednu z možností: Bicubic, X, Area, Gaussian, Lanczos, Sinc, Spline, Bilinear, Fast Bilinear
- **Audio Gain** (Zesílení zvuku) – zadejte hodnoty v [dB]
- **Audio Delay** (Zpoždění zvuku) – zadejte hodnoty v [ms]
- **Frames Per Second** (Počet snímků za sekundu) – slouží pouze pro informaci a zobrazuje hodnotu zdrojového souboru

- **Original Size** (Originální velikost) – slouží pouze pro informaci a zobrazuje hodnotu zdrojového souboru
 - **Length** (Délka) – slouží pouze pro informaci a zobrazuje celkový počet snímků a časová délka trvání filmu
 - **Audio** (Zvuk) – slouží pouze pro informaci a zobrazuje počet kanálů, vzorkovací frekvence
 - **Range** (Rozsah) – slouží pro informaci a změnu času, který bude použitý pro převod. Změnu můžete provést stisknutím tlačítka **Edit**.
 - **A/B** – zaškrtnutím zadejte, zda jsou požadovány pokročilé možnosti škálování obrazu
9. Po nastavení požadovaných hodnot pro výstupní soubor, zvolte v panelu nástrojů **Jobs** → volba **Make DCP** (Obr. 13).



Obr. 13 Spuštění procesu vytvoření DCP

10. Systém zahájí tvorbu DCP. Z Obr. 14 je zřejmé, že proces tvorby probíhá ve třech oddělených krocích:
- překódování (Transcode DCP_TEST)
 - kontrola (Check hashes of DCP_TEST)
 - tvorba struktury souborů DCP (Make DCP for DCP_TEST).

Examine content of DCP_TEST		OK (ran for 0:00:30)
Update thumbs for DCP_TEST		OK (ran for 0:00:36)
Transcode DCP_TEST		3%; 45 minutes remaining; 0.5 frames per second
Check hashes of DCP_TEST		0%
Make DCP for DCP_TEST		0%

Obr. 14 Průběh vytvoření DCP v jednotlivých krocích

Příloha D – Informace o kinoserveru

Parametry kinoserveru:

- Procesor: 2x Intel Core 2 Duo CPU E8400,
- Frekvence: 3.00 GHz,
- Cache: 6144 kB
- Paměť: 2 GB



Obr. 15 Kinoserver Doremi – ShowVault