

# Technická zpráva CESNETu číslo 4/2002

## VIDEOKONFERENCE S VYŠŠÍ KVALITOU

Autor: Ing. Karel Zatloukal, VFU Brno  
Ing. Vítězslav Křivánek, VUT Brno

Brno 1. 3. 2002

### 1. TEORETICKÝ ROZBOR

Pro pochopení problematiky videokonferencí s vyšší kvalitou uvádím alespoň zjednodušený teoretický rozbor problému. Oblast komprimací by bylo možné rozebrat více do hloubky. Vzhledem k poměrně obsáhlým zdrojům dostupným jak v písemné podobě, tak na Internetu to nepovažuji za nutné.

Obrazovka v **normě PAL** má 576 viditelných řádků. Pro potřeby digitalizace se vychází z poměru stran TV obrazu. Ten je stanoven na 4:3. Z toho plyne, že horizontálně je použito 768 bodů.

$$576/3 \cdot 4 = 768$$

#### Počet pixelů na obrazovce:

Počet řádků x počet bodů na řádek

$$768 \times 576 = 442\,368$$

Tento údaj je velmi zajímavý. Většina kamer, a to i amatérských, má výrazně větší počet pixelů. Důvodů je několik.

Nejdůležitější uvádím:

- používá se elektronická stabilizace obrazu. Ta pracuje tak, že z celého snímaného obrazu je použita jen část – tzv. pohyblivé okno. Případný pohyb je korigován pomocí jinak nevyužitých částí snímaného obrazu. Běžně jsou kamery vybaveny snímacími prvky s 800 000 pixely.
- Kamery jsou vybavovány vyšším počtem pixelů i z důvodů dalších přídatných funkcí. Jde především o možnost pořizovat fotografie.

Dalším parametrem je barevná hloubka. Standardně se používá zpracování v škále jednoho Byte na barvu. Pro tři základní barvy se použijí 3 Byte tj. 24 bitů. To zajistí 16 milionů barevných odstínů (TRUE COLOR).

S použitím 16 bitů je možné vyjádřit pouze 65 536 kombinací barev (HI COLOR). Používá se pro méně náročné amatérské práce.

Při použití 32 bitů (4 Byte) je možné vyjádřit 4 294 967 296 odstínů barev. To již umožní plně profesionální zpracování.

Z uvedených možností plyne „velikost jednoho obrázku“.

1. Pro **standardní zpracování** je velikost

$$442\,368 \times 24 = 10\,616\,832 \text{ bit}$$

2. Pro **amatérskou činnost** je možné obraz redukovat.

$$442\,368 \times 16 = 7\,077\,888 \text{ bit}$$

3. Při **profesionálním zpracování** je nutné počítat s velikostí obrazu

$$442\,368 \times 32 = 14\,155\,776 \text{ bit}$$

Pro TV signál se používá 25 obrázků/sec. Tím je definován datový tok videočásti.

1. **Standardní zpracování:**

$$10\,616\,832 \times 25 = 265\,420\,790 \text{ b/s}$$

Připočítáme-li ještě zvukovou složku dostaneme tok asi **270 Mb/s** nekomprimovaného signálu.

2. V případě **redukovaného zpracování:**

$$7\,077\,888 \times 25 = 176\,947\,200 \text{ b/s}$$

Se zvukovou složkou je tok asi **180 Mb/s** nekomprimovaného signálu.

3. Budeme-li uvažovat **profesionální zpracování:**

$$14\,155\,776 \times 25 = 353\,894\,400 \text{ b/s}$$

Se zvukovou složkou je tok asi **360 Mb/s** nekomprimovaného signálu.

Po digitalizaci dostaneme datový tok v závislosti na kvalitě v rozsahu asi 180–360 Mb/s.

Tyto údaje jsou pouze teoretické a v praxi celkem nepoužitelné. Uvádím je pro představu o velikosti datových toků. Prakticky jsou odlišnosti v tom, že u amatérských systémů je i nižší rozlišovací schopnost. Údaje je nutné korigovat. Běžně se uvádí tyto hodnoty:

	Amatérské systémy – s nepřijatelnou kvalitou				Amatérské systémy – s přijatelnou kvalitou		Systémy s vyšší kvalitou – profesionální
Použitý systém	VHS	S-VHS	VIDEO8	Hi8	DV	DIGITAL8	DVCAM
H- počet bodů	200	400	200	400	500	500	768

Přitom systémy **S-VHS a Hi8** již umožňují vytvářet kopie další generace. Jsou to systémy, které je možné použít pro řadu méně náročných aplikací. Pro záznamy operací, kde je požadováno vysoké rozlišení, jsou nepoužitelné.

Datový tok digitalizovaného signálu těchto systémů je kolem 70 Mb/s

U systémů **DIGITAL8 a DV** je situace výhodnější. Je možné vytvářet libovolný počet generací kopií. To je základní přednost. Datový tok je výrazně větší a záleží na barevné hloubce. Je možné použít standard (24 bit) nebo vyšší (32 bit).

Datové toky jsou v rozmezí 110–145 Mb/s

Jak je vidět pro **DVCAM** platí udávaný datový tok 360 Mb/s. Pro ostatní systémy je nutné výsledky příslušně redukovat. Hodnoty platí pro optimální podmínky. Použitím horších kazet (zvláště v případě DIGITAL8) jsou hodnoty horší.

Pro posouzení vhodné kvality byly provedeny zkoušky jednotlivých systémů. Byly použity různé typy kamer. Výsledky nejsou reprezentativní pro danou třídu zařízení, ale jednoznačně ukazují možnosti použití.

Při zkouškách kamer bylo přihlédnuto k několika parametrům, které jsou pro snímání operací podstatné.

- záznamový systém (dosažení počtu bodů)
- barevné podání
- korekce bílé

Ze zkoušek jednoznačně vyplývá, že pro snímání operací je potřebné kvalitní snímání barev. To umožní pouze tříčipové kamery.

Zkoušky kamer byly prováděny mimo činnost Cesnetu a proto zde nejsou uvedeny. Jsou jen citovány některé výsledky, které jsou použitelné pro řešení videopřenosů s vyšší kvalitou.

Ve třídě tříčipových kamer jsou kamery DV tj. amatérské provedení, ale hlavně DVCAM, Betacam SP, .... patří do třídy profesionálních zařízení.

Jednočipové kamery patří jednoznačně do amatérského prostředí.

## 2. STANOVENÍ PARAMETRŮ PRO ZPRACOVÁNÍ A PŘENOS

Vysoké datové toky omezují použití. V praxi se používá vhodná komprese, která sníží tok a přitom kvalitu ovlivní pokud možno minimálně.

V literatuře jsou uváděna doporučení pro zpracování v potřebné kvalitě. Běžně se používá komprese MPEG nebo MJPEG komprese.

V případě MPEG komprese existuje řada možností. Pro kvalitní zpracování připadá v úvahu MPEG-2, kde se použijí pouze I frame. Pro dosažení potřebné kvality se častěji používá komprese MJPEG.

### MJPEG

Komprimaci je možné vhodně parametrizovat. Nejčastěji se nastavuje model 4:2:2 YUV. Pokud nastavíme kompresní poměr na 1,5 dojde k redukci datového toku bez snížení kvality obrazu.

V praxi se používá vyšší komprese. Přehled je uveden v tabulce. Za povšimnutí stojí korekce vyšších toků. Ty jsou redukovány. Příčina je jednoduchá. Ještě v nedávné době bylo dosažení vysokých datových toků nerealizovatelné. Dále tabulka zachycuje i zhoršení parametrů u amatérských systémů.

Komprese	datový tok [MB/s]	kvalita
1:1	21,2	Broadcast
2:1	10,6	Přímý TV přenos (bez služebních informací)
3:1	7,0	BetaCam SP Digitál
4:1	5,3	BetaCam SP Profi
5:1	4,2	BetaCam poloprofi
7:1	3,0	Hi8, S-VHS s max. parametry
10:1	2,1	Hi8, S-VHS domácí video
15:1	1,4	VHS

Pro kvalitní zpracování by neměl být kompresní poměr horší než 4:1

Těmto parametrům odpovídá i stanovení parametrů pro DV. Vychází z toho, že jde o amatérský systém. Rozlišení je asi 500 bodů na řádek. Došlo k oddělení jasové složky (Y) a dvou barvonosných složek (R-Y a B-Y). Tímto oddělením je zamezeno jejich ovlivňování, které se negativně projevuje u nižších systémů.

Digitalizovaný signál vytváří datový tok asi 130 Mb/s (video + audio). Signál je komprimován v poměru 5:1. Vzniká výsledný datový tok asi 25–30Mb/s tj. asi 3–4 MB/s.

Snížení toku pod tuto mez je pro náročné záběry z operací nepřijatelné.

Z předchozího vyplývá, že pro vyšší kvalitu by měl být kompresní poměr 3:1 max. 4:1. Při použití DVCAM je datový nekomprimovaný signál asi 340 Mb/s.

Při kompresi	3:1	113 Mb/s
	4:1	85 Mb/s

Zařízení vhodné pro videopřenosy ve vyšší kvalitě (PAL) by mělo umožnit datový tok kolem 100 Mb/s. Pokud tok poklesne pod 25 Mb/s je pro dané použití nevhodný. Výsledek je degradován na amatérské použití. Pro přenos operací takové řešení ztrácí smysl.

## MPEG

MPEG-1	popsán ISO 11172, 1991	původně určen pro záznamy na CD, datový tok do 1,5 Mb/s
MPEG-2	popsán ISO 13818, 1994	doplněn po zavrnutí MPEG-3, určen pro nejširší použití, datový tok do 100 Mb/s
MPEG-4	1998,	původně určen pro přenos videa na pomalých linkách, datový tok 64 Kb/s

MPEG-1 Je určen pro celou škálu rozlišení. Obdobná platí i pro MPEG-2

Rozlišení	720x576 360x576	CCIR 601 kódování 4:2:2
	360x288 180x144	kódování 4:2:0
	352x288 176x144	SIF, 30 snímků/s, kódování 4:2:0

barevná hloubka 12 bit  
komprimace <PAL 26:1, PAL až 150:1  
výsledná úroveň odpovídá VHS

Vzhledem k omezenému datovému toku je použití pro konference s vyšší kvalitou nevhodný.

MPEG-2 je určen pro nejširší použití. Proti MPEG-1 má rozšíření k vyšším rozlišením a to až k HDTV.

Při komprimaci se používají různé typy rámců:

I frames odpovídá samostatnému obrázku  
Intra frames

P frames kalkulován rozdíl od posledního I snímku  
Predicated frames

B frames kalkuluje se rozdíl před i vzad  
Bi-directional frames

Rámce P a B ovlivňují kvalitu výsledné komprimace. I rámce ovlivní dynamické chování. Při kompresi je obraz rozdělen na bloky pixelů. Při snížení kvality dojde k „čtverečkování“ obrazu. Tím je přenos degradován.

MPEG-2 je označován dvěma parametry oddělenými @ (např. MP@ML). První je profil a druhý parametr je úroveň.

Profil	Simple Main Main+ Next	omezený Main, bez “B” frame standardní bez rozšiřujících vrstev Profil s rozšiřujícími vrstvami Všechny hierarchické rozšiřující vrstvy
Úroveň (Level)	low Main High 1440 High	do SIF do CCIR 601 1440x1152 (HDTV) 1920x1152 (HDTV)

Existuje několik kombinací. Pro jednoduchost uvádím jen nejzajímavější:

LEVEL		
1920x1152 (HIGH)	80 Mb/s	100 Mb/s
1440x1152 (HIGH 1440)	60 Mb/s	80 Mb/s
720x576(PAL) (MAIN)	15 Mb/s	20 Mb/s
352x288 (LOW)	4 Mb/s	-
PROFIL	MAIN	NEXT

Pomocí MPEGu se špatně komprimují tyto signály:

- zašuměný
- rychlé pohyby
- syté barvy
- vysoké rozlišení

Pro kvalitní přenosy je možné použít komprimaci MPEG-2 s použitím I-frame only. Parametry jsou obdobné jako u MJPEG. Je o něco nižší datový tok, ale na úkor dynamických parametrů. Je to dáno možnostmi nastavení parametrů. Při testech zařízení založeného na MPEGu jsme zjistili, že dynamické hodnoty jsou závažným problémem. Testy u jednoho ze zařízení sice neproběhly kompletně, protože jsme je vyhodnotili jako nevyhovující z jiných důvodů, ale ukázaly problémy komprimací pro přenosy s vyšší kvalitou. Pro zajištění kvalitních přenosových parametrů musíme uvažovat s nízkými hodnotami kompresních poměrů tj. s většími datovými toky.

### 3. TESTOVÁNÍ

Uváděné hodnoty vycházejí z literatury a informací na Internetu. Bylo nutné je ověřit praktickými zkouškami. Ty proběhly na VFU Brno. Výsledky vedly ke stanovení pravidel pro zajištění a zpracování videozáznamů. Jednoznačným výsledkem byla orientace na DVCAM technologii.

**Zkoušky pro stanovení kvalitativních parametrů** byly stanoveny takto:

- pořízení zkušebního záznamu a jeho vyhodnocení
- porovnání dle rozlišení, barevného podání a korekce bílé
- srovnání reálných záznamů
- srovnání dynamických záznamů

Zkoušky nemohly proběhnout v plném zadání. To mělo několik příčin. Nebyly stanoveny přesné hodnoty pro srovnání. Ty vyplynuly dodatečně. V případě dynamických parametrů bylo pouze ověřeno, že jsou použitelné. V případě přenosových tras je situace výrazně komplikovanější a bude muset být stanovena lepší metodika.

Pro záznam byly použity zkušební obrazce „Philips“ a „barevná šachovnice“.

Při porovnání se potvrdily předpokládané hodnoty. V případě rozlišovací schopnosti jsou uváděné hodnoty mimo DVCAM nadhodnocené. Barevné podání bylo jednoznačně ve prospěch tříčipové kamery DVCAM. V případě kamery DIGITAL8 a DV (Megapixel) je výhodnější DV. V případě dynamických parametrů bylo pouze konstatováno, že vyhovují.

Při subjektivním srovnání bylo jednoznačně jasné, že nejvýhodnější je použití DVCAMu. Pro některé méně náročné účely je dostačující použití DV nebo DIGITAL8.

Byly zkoušeny kamery Sony

1. DVCAM	DSR PD 150P
2. DV	TRV20E
3. DIGITAL8	TR8100E
4. Hi8	TRV913

### 4. VÝSLEDKY TESTŮ

- Pro náročné aplikace (operace, biologické a chemické pokusy) použít DVCAM, DVPRO
- Pro běžné činnosti (přednášky) je vhodné použít i DV a DIGITAL8 kamery. Jsou lehčí, menší a zhoršení parametrů je nepodstatné

Při testech jsme použili digitální kamery, které nejsou kvalitativně stejné. DV TR20E patří k vyšší třídě. Je osazena kvalitní optikou CARL ZEISS. Má Megapixlový snímací prvek. Je vybavena kvalitním elektronickým stabilizátorem. Barevné podání je horší než u tříčipových kamer.

DIGITAL8 TR8100E patří do amatérských kamer. Je zřejmé, že má horší parametry než srovnávaná DV kamera. Bohužel nebyla na testy k dispozici vhodná srovnatelná DV kamera. Z praktického hlediska by bylo zajímavé provést srovnávací testy těchto technologií.

Kamera Hi8 je pro záznamy operací nevhodná. Technologie Hi8 a S-VHS nejsou v AV centru nadále podporované. Plná kvalita Hi8 již nevyhovuje. Použitý systém pro natáčení, zpracování a přenos videozáznamů musí mít lepší parametry.

Pro záznam některých speciálních případů operací je použití technologií na základě normy PAL nevyhovující. Do budoucna se VFU bude zaměřovat i na technologie HDTV. Rozbor HDTV je složitější. Z technického hlediska jde o maximálně čtyřnásobek parametrů PAL (HDTV má několik norem a specifikací).

Nekomprimovaný tok je asi 1,2 Gb/s. V případě komprimace s poměrem 2:1 (nízká ztrátovost) je datový tok kolem 600 Mb/s. V této oblasti jsou dosud jen návrhy a předpoklady. Zatím uvažovaný datový tok 100 Mb/s by pravděpodobně výrazně snížil kvalitu. Tato oblast by měla být předmětem intenzivních testů a zkoušek.

## 5. ZÁVĚR

Pro zajištění kvalitních přenosů operací je nutné zajistit zařízení s komprimací MJPEG nebo MPEG-2 s datovým tokem větším než 25 Mb/s. Optimálně by měl být 50–100 Mb/s. Zařízení musí mimo tyto parametry splnit řadu dalších podmínek. Jde o doprovodné funkce jako možnost umístit obraz v obraze (nebo doplnit logo), převod do jiných (degradovaných) systémů pro další zájemce, kteří takové vybavení nemají atd. Dalším rozhodujícím parametrem bude zpoždění signálu (při použití I frames only by to neměl být problém). Tento parametr velmi ovlivní použitelnost k obousměrné videokonferenci.

## 6. POUŽITÁ LITERATURA

Petr Beránek, Velká kniha Digitální video v praxi, Unis publishing s.r.o., 2001  
Jan Novák, Digitální fotografie a video v praxi, Grada publishing, spol. s.r.o, 2001  
Karel Voráček, DVD přehráváme a zálohujeme video, Computer přes Praha, 2001  
František Ullmann, Pět dnů s premiérou, Amos software, 1999  
Matrox, Matrox RT2000 installation & user guide, Matrox electronics Systems Ltd., 2000  
Adobe, Adobe Premiere 6.0 User guide, Adobe systems, 2000

Manuály k jednotlivým typům kamer.

Různé zdroje na Internetu