

Speciální přenosy - technologie a jejich uplatnění

Miloš Liška
CESNET z.s.p.o.

<milos.liska@cesnet.cz>



SITOLA



CESNET Community Forum
2015-06-03

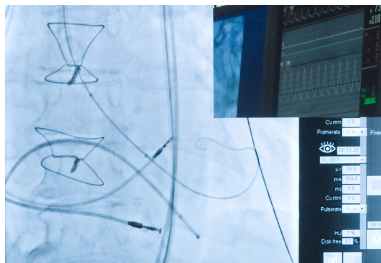


Speciální přenosy

- Přenosy obrazu s vysokým rozlišením (HD, 2K, 4K, 8K), vysoce kvalitním zvukem a velmi nízkým zpožděním
- SW UltraGrid
- HW MVTP-4K

Příklady použití

- Vědecké vizualizace
- Medicína
 - kardiologie, patologie, chirurgie



Příklady použití

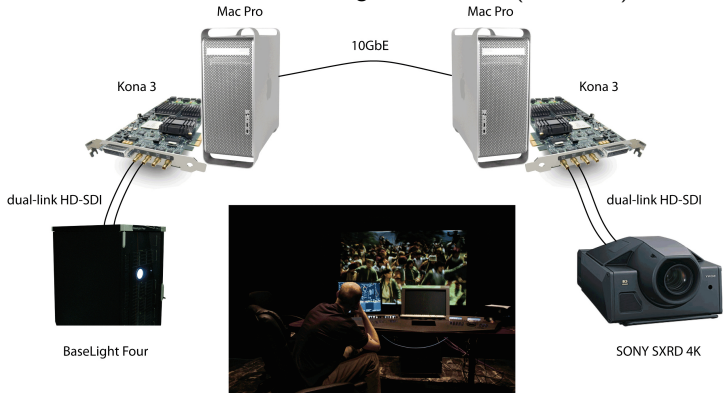
- Výuka
 - výuka na dálku s vysokým stupněm imerze



Příklady použití

- Televizní a filmový průmysl
 - vzdálená produkce a postprodukce
 - restaurování filmového materiálu

Vzdálená konzole BaseLight v CinePostu (Barrandov)



Příklady použití

- Umění
 - distribuovaná představení: hudba, tanec, divadlo



Příklady použití

- Aplikace pro spolupráci na dálku
 - sdílení a kombinování různých druhů médií
 - vzdálené ovládání
- Řada dalších aplikací
- Ale celé to není jen o velikosti obrazu a jeho rozlišení...

Příklady použití

- Aplikace s vysokou snímkovou frekvencí
 - sportovní TV často vymění rozlišení obrazu za temporální rozlišení videa (720p60 vs. 1080p30 nebo 1080i60)
 - vývoj směrem ke 120 fps
 - lepší vnímání pohybu
- Aplikace s velkou barevnou hloubkou
 - např. 16 b na barevný kanál
 - aplikace ve filmovém průmyslu nebo v např. v patologii

Několik úvah, než se posuneme dál

- Co znamená vysoká kvalita přenosů na síti?
 - Datové toky pro nekomprimované video [Gb/s]

<i>Rozlišení</i>	<i>30fps, 8b</i>	<i>60fps, 10b</i>	<i>120fps, 16b</i>
HD (1920×1080)	1.5	3.7	12
4K (3840×2160)	6	15	48
8K (7680×4320)	24	60	191

- Sub-sampling barevného prostoru
 - ◆ 4:2:2 = 2/3 datového toku
 - ◆ 4:1:1 or 4:2:0 - 1/2 datového toku
- Některé formáty stále používají synchronizační intervaly (blanking lines and intervals)
 - ◆ např. 1080p HD-SDI neznámá ve skutečnosti 1920×1080 ale 2200×1125 bodů

Několik úvah, než se posuneme dál

- Potřebujeme nekomprimované video?
 - Ve většině případů samozřejmě ne!
 - ◆ lidský zrak má omezené schopnosti
 - ◆ pro archivní účely lze použít bezztrátovou kompresi (ta ale poskytuje jen omezené kompresní poměry)
 - Nízkolatenční aplikace
 - ◆ cílem je minimalizovat end-to-end zpoždění při zachování kvality obrazu
 - ◆ dostatečná propustnost (de)komprese
 - ◆ typicky pouze intra-frame komprese (nebo inter-frame komprese s jednosměrnou predikcí)

Několik úvah, než se posuneme dál

- Co jsou interaktivní aplikace?
 - Streaming vs. interaktivní aplikace v reálném čase
 - Typická omezení jsou daná lidským vnímáním zpoždění
 - ◆ ITU-T G.115: 150 ms zpoždění jednosměrné audio komunikace přes telefonní linku
 - ◆ v případě některých aplikací lze tolerovat 400ms RTT (experimenty se vzdáleným ovládáním robotů na operačních)
 - ◆ jiné aplikace jsou mnohem citlivější, např. vzdálené, distribuované koncerty vyžadují <35ms
 - Otázky synchronizace obrazu a zvuku
 - ◆ většina lidí pozná desynchronizaci obrazu a zvuku o 100 ms a více (lip-sync)
 - ◆ hudebníci jsou mnohem citlivější



UltraGrid

- Technologie
 - dostupná platforma pro vysoce kvalitní, interaktivní přenosy obrazu a zvuku
 - postavená na běžně dostupném (herním) HW
 - ◆ podpora Linuxu, MacOS X a Windows
 - ◆ běžně dostupné karty pro zahytávání obrazu a zvuku
 - ◆ běžné grafické karty
 - ◆ 10GE síť je výhodou, ale určitě není nutná
 - co nejnižší zpoždění na běžně dostupném HW
 - open-source software, BSD (GPL) licence



UltraGrid

- Historie vývoje

- 2002–2004: ISI EAST (720p)
- 2005–now: CESNET (→ 1080i)
- 2006–2008: forky v KISTI a i2cat
- 2012–now i2cat

- Milníky

- 2002: 720p
- 2005: 1080i, multipoint
- 2007: CPU komprese, samo-organizující se systémy, optický multicast
- 2008: 2K/4K
- 2011: GPU komprese
- 2012: 8K



UltraGrid – aktuální stav – video

- Podporované formáty
 - SD, HD, 2K
 - SuperHD a 4K – v dlaždicích nebo nativně
 - 8K – experimentálně
 - vícekanálové video (např. 3D HD, 4K)
- Nekomprimované vs. komprimované
 - nízkolatenční komprese
 - GLSL-akcelerované DXT1, DXT5-YCoCg
 - CUDA-akcelerované JPEG, DXT5-YCoCg
 - CPU nízkolatenční H.264 - založená na knihovně x264
 - další kompresní schémata na CPU založené na knihovně ffmpeg
 - GPU-akcelerovaný JPEG2000 - dostupný prostřednictvím spin-off Comprimato Systems company



UltraGrid – aktuální stav – video

- Video vstupy
 - akviziční karty: HD/3G/6G-SDI, HDMI, DVI, analog HD and SD
 - ◆ SDK výrobců karet: Blackmagic, DeltaCast, BlueFish444
 - ◆ nezávisle na výrobci: Video4Linux2, QuickTime, AVFoundation
 - screen capture
 - testcard
 - soubory na úložištích
- Video výstupy
 - přehrávací karty: HD/3G/6G-SDI, HDMI (vč. stereoskopického HDMI 1.4a)
 - klasicky přes obrazovku PC (OpenGL, SDL)
 - SAGE (+ SAGE2)
 - soubory na úložištích
 - specializované zobrazovací filtry

UltraGrid – aktuální stav – audio

- Podporované audio formáty
 - nejružnější vzorkovací frekvence, vícekanálové audio
 - nekomprimované audio, komprimované audio (kodek OPUS)
- Vstupy/výstupy
 - symetrické/nesymetrické audio, HD-SDI, HDMI
 - různá systémová rozhraní vč. JACK
 - PortAudio, ALSA, CoreAudio, JACK
 - embedded HD-SDI/HDMI
 - kanálový mixér/duplikátor
- Synchronizace audia a videa
 - záleží na tom, zda je zdroj synchronizovaný
 - synchronizované při použití HD-SDI a HDMI vstupů
 - audio je přenášeno s co nejnižším zpožděním, pokud se použije samostatná zvuková karta



GPU-akcelerované komprese

- Dostupné implementace kompresních schémat
 - DXT1: CPU (knihovna FastDXT od EVL)
 - DXT1, DXT5: OpenGL Shader Language (GLSL)
 - JPEG: NVidia CUDA
 - DXT5: NVidia CUDA (8K)

SAGE stěna s různými kompresemi



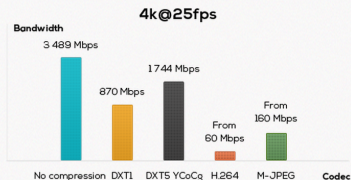
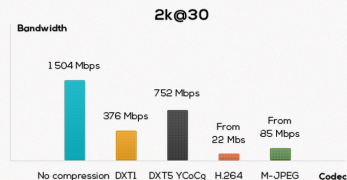
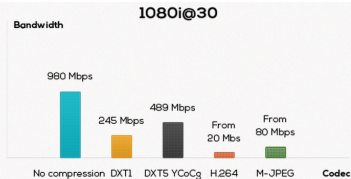
Forward Error Correction

- Low-density Generator Matrix LDGM
 - CPU a GPU implementace
 - CPU (s využitím SSE) používáme kvůli režii přenosu CPU↔GPU
 - packet loss do 10% se dá zvládnout s rozumnou režii
 - umožňuje přežít až 25% packet loss při použití JPEG komprese
- Reed-Solomon codes



Požadavky na šířku pásma

See the measured bandwidth including overhead with 9000B Ethernet frames. Uncompressed signal was 8-bit YUV422.



Výkon komprese

- Propustnost implementace kompresních mechanismů v UltraGridu (Intel[®] Core[™] i7-4960X CPU @ 3.6GHz (6 jader), NVIDIA GeForce GTX 960 GPU)

<i>Komprese</i>	<i>4K</i>	<i>2K</i>	<i>1080p</i>
RTDXT:DXT1	65 Fps	416 Fps	438 Fps
RTDXT:DXT5	67 Fps	330 Fps	342 Fps
CUDA_DXT	80 Fps	280 Fps	320 Fps
JPEG:90	72 Fps	323 Fps	358 Fps
H.264 (ffmpeg)	44 Fps	126 Fps	132 Fps

Zpoždění

- End-to-end zpoždění (od akvizice po přehrávání) v lokální síti
 - <150 ms pro interaktivitu: ITU-T doporučení G.114
- Video
 - závisí na HW pro akvizici/přehrávání (a kompresi): 1.75–5.5 snímku videa (58–183 ms)
 - např. cca 2 snímky:
 - ◆ BlackMagic Decklink HD Extreme → OpenGL na MacOS X
- Audio
 - embedded spolu s videem: synchronizované
 - nezávislý zdroj/přehrávání: 20 ms nebo méně
 - ◆ lze manuálně upravit, tak aby zpoždění audia odpovídalo zpoždění videa



Uživatelsky řízené vícebodové přenosy

- UltraGrid podporuje multicast, ale...
 - jak dostupný/spolehlivý je multicast?
- Paketové zrcadlo v UltraGridu
 - ovládané plně uživatelem na aplikační úrovni
 - uživatelské zpracování: transkódování, individuální úpravy kvality
 - (téměř) všechny možnosti zpracování obrazu a zvuku jako má UltraGrid
- Samoorganizující se síť
 - plánování přenosů s datovým tokem srovnatelným se šířkou pásma síťových linek
 - CoUniverse framework (<http://couniverse.sitola.cz>)



CoUniverse

- Automatické plánování přenosů na jednotlivých síťových linkách
 - pro přenosy s datovým tokem srovnatelným se šířkou pásma síťových linek
 - optimalizace s více kritérii: minimalizace zpoždění, maximalizace kvality, možná další kritéria (např. vyrovnaní zpoždění)
 - různé plánovací algoritmy (constraint-based, mixed integer programming, ant-colony optimization)
 - parametry přenosů mohou být upraveny podle potřeb aplikace
 - dokáže pracovat s transkódováním a částečnou znalostí síťové topologie
 - dokáže pracovat s nepřesnými odhady šířky pásma



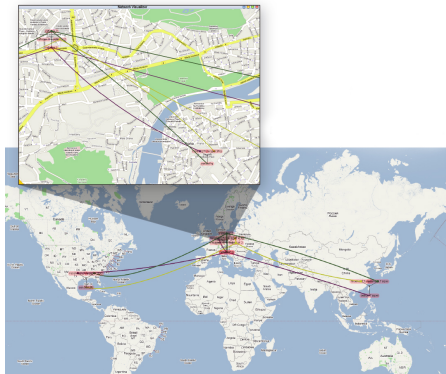
Světová prvenství...

- 2005 – Vícebodový nekomprimovaný FullHD přenos
 - vícebodový přenos pomocí zrcadel paketů



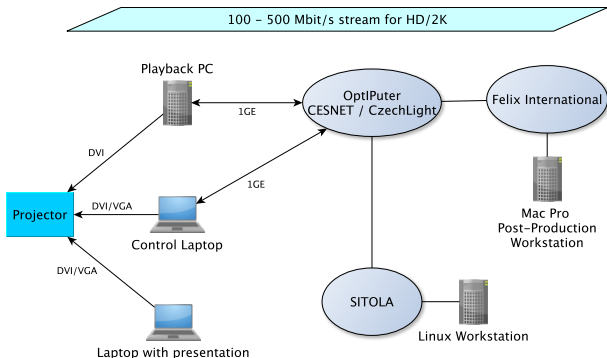
Světová prvenství...

- 2007 – Samoorganizující se, vícebodové, (ne)komprimované HD prostředí
 - s CoUniverse
 - samoorganizující se, vícebodový distribuovaný setup s přepínáním DXT1 a nekomprimovaných streamů podle dostupné šířky pásma



Světová prvenství...

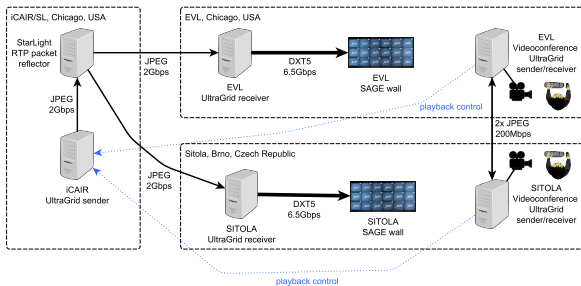
- 2011 – 4K s GPU-JPEG kompresí



- CineGrid Workshop, Prosinec 2011
- vzdálená postprodukce, posouzení/schválení filmového materiálu v reálném čase
- Přehrávání na stroji za cca \$1.000 (\$500 PC + \$500 NVIDIA 580GTX)

Světová prvenství...

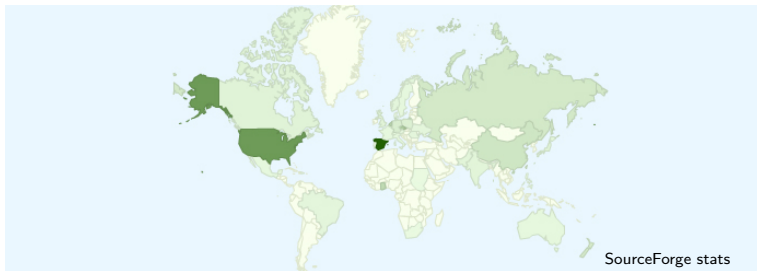
- 2012 – Vícebodový 8K přenos s GPU-JPEG kompresí



- předem renderované video
- JPEG → DXT5-YCoCg na jediném stroji
- použitelné také jako 16×HD (např. více kamer)



Uživatelé



- Distribuce UltraGridu
 - zdrojové balíčky, binární distribuce (<http://www.ultragrid.cz/>, SourceForge)
 - součást SAGE (<http://www.sagecommons.org/>)
- Instalace po světě

JISC, Kònic Thtr Barcelona, Artanim Interactive, Hochschule Bon-Rhein-Sieg, SFJAZZ, University of Nevada Las Vegas, TU Munchen, Arantia Research and Development, NTT, Laboratory of Computer Networks and Architecture Universidade de Sao Paulo, Hospital for Special Surgery, I2Cat, Dogan TV, Rochester Institute of Technology, Digital Film Central, Aalborg University, Polish Public TV, Greyslake Community High School District 127, New World Symphony, NYSERNet, Università Politecnica delle Marche, EVL, PSNC The Arctic University of Norway, Female Laptop Orchestra, Kent State University, Moving Forward Studios, FN Brno, Les Champs Libres, Telekom Malaysia R&D, Harvard School of Engineering and Applied Science, Exploratorium – The Museum of Science, Art and Human Perception, University of Southern California School of Cinematic Arts, NIH, US Dept. Of Health & Human Services, Music CSI High School for International Studies

UltraGrid – Plány

- UltraGrid 2.0
- produkční podpora 8K
- nová nízkolatenční kompresní schémata



Děkuji za pozornost!

<milos.liska@cesnet.cz>

<ultragrid-dev@cesnet.cz>

<http://www.ultragrid.cz/>