

Co dokáží nové TV technologie?

Týká se to LCD i plazmových displejů: Největším problémem moderních, plochých televizorů je **ZOBRAZENÍ POHYBLIVÝCH SCÉN**. Výrobci zkoušejí různé způsoby, jak se s tímto problémem vyrovnat, ale ne každá technologie si s ním dokáže poradit. Chip vám prozradí, v čem tyto problémy vězí a co s tím lze dělat.

ULRICH VON LÖHNEYSSEN

„Nehýbejte se!“ volal Dr. Grant v jedné scéně filmu Jurský park na své kolegy pronásledované dinosaury, jelikož věděl, že dinosauři jsou schopni rozeznat pouze to, co se hýbe. Lidé jsou v tomto ohledu o něco sofistikovanější, ale ani my nedokážeme úplně potlačit přirozené instinkty. Když po podlaze přeběhne myš, instinktivně se tam podíváme, stejně jako když se někde ve tmě rozsvítí světlo. Rovněž tak přitahuje naši pozornost zapnutý televizor v baru. Sítnice lidského oka zabírá ostrý obraz pouze ve střední části, zatímco její okraje jsou mimořádně citlivé na jakýkoliv pohyb či změnu; v tom se od dinosaurů nelišíme.

Problém je v tom, že obrazovku klasických malých televizorů jsme dokázali snadno jedním pohledem přehlédnout bez toho, aby přes její obraz musely naše oči přebíhat. U velkoplošných televizorů musí naše oči sledovat pohyb jednotlivých objektů a to většinou dopadne tak, že:

- ▶ původně ostrý stacionární obraz dostává při pohybu lehké kontury,
- ▶ pohyb se zdá skákavý a rozsekaný,
- ▶ při pohybu kamery se rozpadá původně detailní rozlišení.

A právě proto je hodnocení kvality pohyblivých scén základem našeho hodnocení kvality jednotlivých panelů. Koneckonců televizní vysílání či filmy nejsou jen statickou záležitostí. Na rozdíl od standardních kritérií hodnocení kvality obrazu, jako je kontrast, jas či rozsah barevného spektra, není pro stanovení kvality pohyblivých scén standardizován žádný způsob měření. Příčinou chybného zobrazení pohybu může být kromě nedokonalosti panelu i špat-

ný záznam nebo závady způsobené při přenosu signálu.

Doby, kdy byl signál připojen přímo z kamery do televizoru, jsou dávno pryč. Klasická kamera skenovala řádek po řádku fotocitlivý filmový materiál a přenášela elektronické vibrace, které katodová obrazovka po přenosu do televizoru zase řádek po řádku promítala. Pokud však jde o záznam a konverzi obrazu snímaného CMOS- či CCD-prvkem kamery, dnes existuje celá řada způsobů, které dokáží upravit signál pro specifické požadavky přenosových sítí či s ohledem na kvalitu displejů. Vysvětlíme problémy spojené se zobrazováním rychlých pohybů a popíšeme technologie, kterými jednotliví výrobci plánují zajistit perfektní zpracování pohyblivých scén.

Zdroje signálu: trhavý film a neostré video

FILM: Klasické filmy jsou posledních 100 let zaznamenávány s frekvencí 24 snímků za sekundu. Tato frekvence odpovídá 24 hertzům (Hz), což je na moderní poměry příliš málo. Aby lidské oko vnímalo sekvenční rychle měnících se snímků jako pohyblivý a naprosto plynulý obraz, je třeba alespoň frekvence 50 snímků za sekundu, tedy 50 Hz. Pokud by měl být obraz úplně bezproblémový a neblikavý, měl by mít ještě o něco vyšší frekvenci, alespoň 65–70 Hz.

Proto také bývají filmy v kinosálech promítány s dvojnásobnou, nebo i trojnásobnou frekvencí (48 či 72 Hz). Tímto způsobem lze vyřešit blikání obrazu, ale ne problémy s trháním pohyblivých scén. Těmito problémy trpí i filmy zaznamenané elektronickým způsobem, jelikož Hollywood

stále používá pro záznam snímkovou frekvenci 24 snímků za sekundu. Triková náročnost filmů i množství akčních scén neustále stoupají a není divu, že při omezené frekvenci 24 snímků za sekundu jsou rychlé pohyby kamery či akční scény promítané na velkých plátnech trhané. Musíme se tedy smířit s tím, že automobilové honičky budeme prozatím sledovat jako trhavou sérii jednotlivých snímků. Do budoucna se počítá se zvýšením frekvence na 48 Hz ve specifikacích DCI, ale to se týká pouze 3D filmů, a to proto, že konverze filmu s frekvencí 48 Hz na 72Hz promítání není možná a konverze na 60 Hz je mnohem složitější než v případě 24Hz záznamu.

Kromě 24Hz formátu filmového záznamu existují ještě standardizované záznamy s frekvencí 25 nebo 30 Hz, používané při televizních přenosech.

Druhým často přehlíženým bodem, který hraje rozhodující roli, je rychlost závěrky. Každý amatérský fotograf dobře ví, že pokud se závěrka fotoaparátu nedokáže otevřít či zavřít dostatečně rychle, bude snímek vybledlý či rozmazaný. Pokud kamera potřebuje více světla a nechá závěrku otevřenou po delší dobu, pohybující se objekty budou na snímku rozmazané. Reprodukce je poté dobře prokreslená, ale rozmazaná. Oproti tomu, pokud je závěrka otevřena pouze na krátkou dobu, obrysy zůstávají ostré, ale výsledný obraz s frekvencí 24 Hz je méně kvalitní.

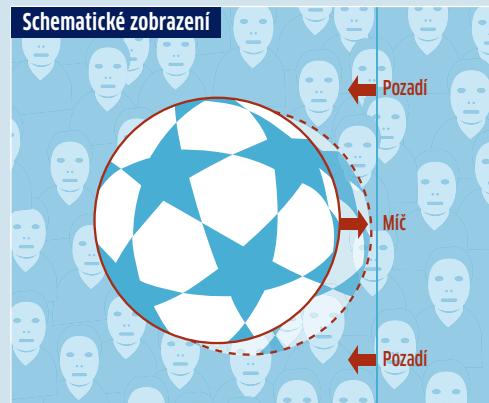
VIDEO: Klasická kamera, ať se nachází v televizním studiu, nebo na stadionu, anebo v rukou amatérského filmaře, pracuje s tzv. prokládaným signálem s polovičními snímky. Tento způsob je také historicky odůvod-

Jev svatozáře: problémové zobrazení kontur pohyblivých objektů

Scéna na TV obrazovce



Schematické zobrazení



RUŠIVÁ SVATOZÁŘ

100Hz televizory dopočítávají přechodové snímky tak, že pohybují objektem dopředu a dozadu. Pokud se na obrazovce nacházejí dva objekty pohybující se opačným směrem (jako v případě míče a pozadí), chybí informace důležitá pro zobrazení okolí hran pohybujícího se objektu a vzniká jev svatozáře.

něm snížením množství dat, a i když se hodí pro záznam rychlých scén, není ideální pro projekci na velkoplošném měřítku. Princip prokládání se používá i v moderních snímačích, které v podstatě neustále skenují celý povrch. Jelikož se ve studiích vždy používají poloviční snímky, snímače pořizované záznam filtrují. Díky tomu je signál zaznamenáván frekvencí 50 až 60 snímků za sekundu, a to v závislosti na regionu (PAL, NTSC).

Jelikož jednotlivé snímky obsahují pouze poloviční množství řádků kompletního signálu, je rozpuřena i ostrost a detaily hran. Například fotbalový míč, který by celkem zabíral 40 řádků, je ve skutečnosti projektován pouze 20 řádky, které se mění každé 2 setiny sekundy. A právě proto jsou hrany pohybujícího se fotbalového míče tak rozmazané, i když se celkový pohyb míče jeví jako plynulý.

Způsob prokládání rozmazává obraz nezávisle na použité technologii a panelu. S tímto problémem se v současnosti nedokáže vyrovnat ani ty nejpokročilejší aritmetické techniky. Právě z této příčiny se vývoj moderních televizorů zaměřuje na progresivní skenování obrazu, tedy na proces pracující s obrazem skládaným z plného množství řádků.

Progresivní skenování: Abychom získali obraz s ostrými obrysy a zároveň plynulým pohybem, musíme používat videokamery s progresivním skenováním a minimální frekvencí snímků 50 Hz. Proto se některé televizní stanice rozhodly podporovat systémem 720p/50, který zajistí HDTV vysílání

s rozlišením 1280 x 720 bodů a s frekvencí 50 Hz. Na druhé straně systém 1080i snižuje v praxi ostrost pohyblivých scén na polovinu, stejně jako v případě jiných technologií pracujících s prokládáním obrazu.

Dnes lze snímat obraz s progresivním skenováním většinou prostřednictvím digitálních kamer, které propojují celé snímky do podoby videosignálu. Běžně však rychlost snímáčího senzoru a výpočetní výkon procesoru uloženého v digitální kaměře stačí pouze na zpracování 24 až 30 snímků za sekundu, což k plynulému pohybu zdaleka nestačí. Dlouhodobým cílem vývojářů je tedy formát 1080p s frekvencí 50 či 60 snímků za sekundu. Tohoto rozlišení a frekvence dnes dosahuje jen několik opravdu drahých kamer.

Záznamová média: bohatý výběr pro TV, DVD a pro Blu-ray

TV: V dřívějších dobách byla studia vybavena kamerami víceméně přímo připojenými k televizoru. Dnes je však program televizních stanic složen z množství zdrojů, které je potřeba mezi sebou různě převádět. Filmy natočené frekvencí 24 Hz jsou uměle zrychlovány cca o 4% tak, aby běžely s frekvencí 25 Hz, a výsledek je dále dělen na půlsnímky. 60Hz zdroje vysílané v signálu NTSC ze Spojených států se snižují na 50 Hz vypouštěním některých snímků a to vede ke špatné kvalitě (je to způsobeno tím, že obrazu chybí každý pátý snímek). Naopak pro zvýšení frekvence z 24 snímků za sekundu na 60 snímků za sekundu se použí-

vá tzv. metoda 3 : 2 pulldown, při níž je jeden snímek promítán dvakrát a další třikrát, ale při takové úpravě dochází k viditelným nerovnostem ve výsledném obrazu. Nejhorší kvalitu pak mají filmy převáděné z 24Hz frekvence na frekvenci 60Hz a posléze na frekvenci 50Hz.

DVD: Filmy na DVD určené pro evropský region jsou akcelerovány o 4 procenta a poté rozloženy na půlsnímky, stejně jako je tomu v případě televizních filmů. Jejich délka se tedy nemění a nezhoršuje se jejich zvuková kvalita. Americké disky, při jejichž úpravě se používá metoda 3 : 2 pulldown, jsou trhanější.

DISKY BLU-RAY: Tyto disky jsou prvním médiem, které pracuje s celosvětově standardizovaným formátem 24 snímků za sekundu, tedy se stejným, v němž se natáčejí hollywoodské filmy. Při promítání filmů z disků Blu-ray tedy výsledná kvalita, trhání a ostrost obrazu vždy závisí na kvalitě použitého přehrávače a na tom, jak si se zdrojem poradí televizní panel. Při použití výstupu HDMI je výsledný signál buď ve formátu 24p, nebo ve formátu 1080i/p60. Je tedy promítán buď s originální frekvencí formou progresivního skenování, nebo s frekvencí 60 Hz prostřednictvím metody 3 : 2 pulldown.

Displej: Každý televizor má své chyby

LCD: Všechny moderní LCD obrazovky umí produkovat jasný a ostrý obraz. Kromě problémů s omezeným úhlem pohledu je však největším nedostatkem kvalita os-

trosti pohyblivého obrazu. Tzv. efekt „Sample-hold“ (viz vložený článek) způsobuje to, že pohyblivé objekty se zdají ostré, a to kvůli tomu, že jsou neustále aktivně podsvíceny. Výrobci vymysleli celou řadu strategií, jak tomuto jevu předcházet. Tyto metody jsou většinou založeny na správné regulaci podsvícení či na dostatečně rychlém ovládání panelu.

Považujeme-li dnes trhání obrazu moderních LCD obrazovek za následek pomalých panelů, je to pouze přežitek z minulosti. Dnes zvládají všechny panely práci s nižší dobou odezvy, než je 15 milisekund, a ta je naprosto dostatečná pro zobrazení plynulého pohybu.

Necháme-li podsvícení LCD pulzovat, můžeme dosáhnout velkého vylepšení pohyblivých scén. Tímto způsobem lze vytvořit ostré hrany: Ty na jedné straně pomohou oku lépe lokalizovat zobrazený objekt, ale na druhé straně změna intenzity podsvícení vyvolá jeho blednutí a sníží dobu jeho viditelnosti.

Problémem je, že tento způsob nelze uplatnit při 50Hz projekci, protože při ní by obraz příliš blikal. Poprvé využila tento systém společnost Philips při 75 Hz za použití speciálních horkých katod, podobných neonovým trubiciím. Kvůli velmi vysokým nákladům na tento systém ale společnost Philips později rezignovala. Dnes používají všichni výrobci pulzující podsvícení světelnými diodami. Výhodou je, že LED diody

mají vyšší efektivitu při pulzním provozu než při kontinuálním podsvícení.

Aby výrobci předešli blikání panelů s LED podsvícením, používají 100Hz frekvenci (ve formátu NTSC jde o 120Hz frekvenci). 100Hz technologie byla rovněž zkoušena a testována bez pulzujícího podsvícení, ale u ní bohužel nelze opakovat snímky. V současné době se pro vylepšení plynulosti pohyblivého obrazu používají čtyři techniky kalkulace.

BLACK FRAME INSERTION (VKLÁDÁNÍ ČERNÉHO SNÍMKU): Vložením tmavého snímku po každém filmovém snímku lze zvýšit dobu zobrazení a poskytnout tak oku dostatek času na zachycení ostrých hran pohyblivých objektů. Nevýhodou tohoto způsobu je snížení jasu panelu na polovinu, protože po polovinu času je světlo procházející na panel blokováno. Použijeme-li tuto

techniku spolu s 50 Hz, opět dochází k blikání obrazu, takže vkládání černého snímku se v normálních LCD televizorech příliš nepoužívá. S touto metodou se můžeme setkat například u projektorů Sony VPL-VW 800 a 200.

GREY (DARK) FRAME INSERTION (VKLÁDÁNÍ ŠEDÉHO (TMAVÉHO) SNÍMKU): Při této technice se opakují identické snímky stejné fáze pohybu, ty se ale pro dosažení dojmu vyšší ostroty okrajů mohou lišit jasně. Rozdílů v intenzitě jasu lze dosáhnout ohnutím křivky gama nebo jednoduše přidáním úrovně šedé. V některých situacích může být při 50 Hz patrně slabé blikání. Efekt zvýšení ostroty obrazu není při vkládání šedého snímku tak výrazný jako při vkládání snímku černého.

SMOOTH FRAME INSERTION (VKLÁDÁNÍ HLADKÉHO SNÍMKU): Při použití této technologie je pouze každý druhý snímek reprodukován se svojí přirozenou ostroty, což vede k drobnému rozmazání hran. Při tomto způsobu úpravy obrazu nedochází k blikání ani ke ztrátě jasu, ale trochu jím trpí ostrost.

MOTION ESTIMATION AND COMPENSATION (ODHAD A KOMPENZACE POHYBU): Tato technologie vypočítává nové vkládané snímky s fázemi pohybu, které v původním signálu neexistují. Aby se výrobci televizorů při této technologii vyvarovali tvorby nových obrazových chyb, musejí používat velmi pokročilé technologie, které jsou podobné kompresi MPEG (ale nejsou s ní shodné). MPEG vyhledává v obraze vhodné blokové vzory a přitom vypočítává přechodové snímky a v úvahu bere pouze ty části, které přímo předcházejí pohybujícímu se objektu nebo za ním následují.

Většina nastavení používá k vytvoření mezinímku pouze dva snímky. To rozhodně nestačí v případě, že se vzory pohybují opačným směrem. K tomu dochází například při zobrazování lidí pohybujících se po ulici a při zobrazování fotbalového míče letícího mezi hráči – zvláště pokud jeho pohyb sleduje kamera. Pokud se za základ výpočtu vezmou jen dva snímky, potlačí se hranice mezi objektem a jeho pozadím, čímž dojde k jevu „svatozáře“.

Svatozář zmizí pouze v případě, že se za základ výpočtu použijí alespoň tři snímky, jako je tomu v případě NXP čipové sady Philips PNX5100. Mezi nevýhody patří poměrně znatelná prodleva (až 0,1 sekundy), občasné zobrazení artefaktů a vysoká cena čipsetu NXP.

Zobrazení filmů lze pomocí vkládaných snímků rovněž vyhledat, a to tak, že místo 24 snímků za sekundu pošleme na obrazov-

Budoucnost bude patřit displejům s 100/200Hz frekvencí

INFO

Efekt Sample-hold: proč dochází ke zkreslování obrazu

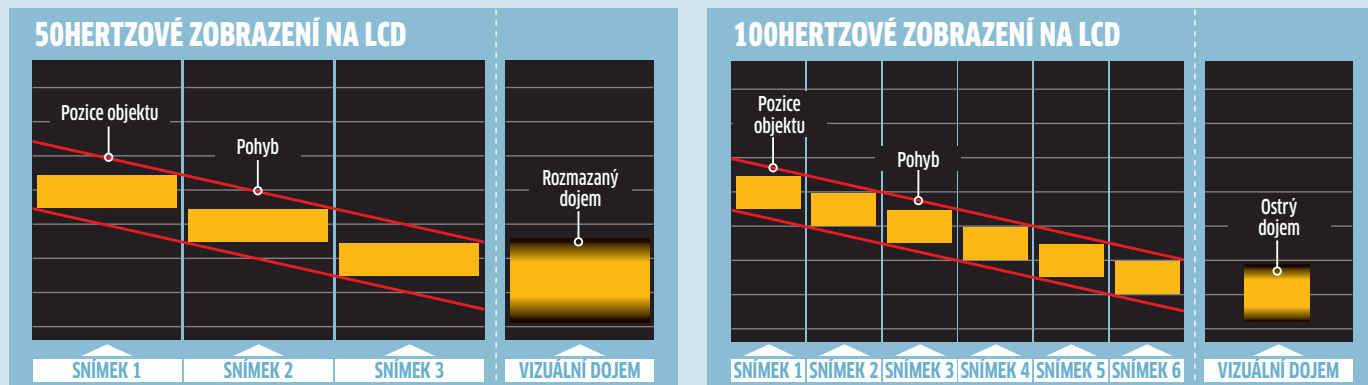
Kromě nerovností je největším problémem moderních televizorů rozmazávání pohyblivých scén. Jak na to reagují výrobci?

Pokud zobrazíme svislou čáru o šířce jednoho pixelu, bude na televizním LCD i plazmovém panelu naprosto jasně viditelná a linka bude mít dokonale ostré hrany. Úplně jiná situace ale nastane v případě, že se tato linka bude pohybovat zleva doprava. Zvláště na LCD bude najednou rozmazaná. Pokud má panel plně HD rozlišení o šířce 1 920 bodů a linka bude naprogramována tak, aby celou šíři obrazovky přešla za 10 sekund (což je vlastně celkem pomalý pohyb), pak za jednu sekundu přejde 192 bodů. Tato rychlost je vyšší než rychlost, jakou se obnovuje obraz při 50 Hz, a tak pohybující se čára bude skákat po 4 pixelech, i když se podle výpočtu bude pohybovat po všech pixelech své trajektorie. Zde vstupuje do hry lidské oko a způsob, jakým čáru budeme vnímat.

Pohybující se linka bude s 50Hz frekvencí skákat po čtyřech pixelech v intervalu 0,02 sekundy, což lidské oko zaznamená tak, že místo čáry tlusté 1 pixel uvidí čáru o šířce 4 pixelů, a navíc velmi rozmazaně. Je to stejné jako při pořizování statické fotografie – pokud se fotoaparát při expozici nehýbe, dostaneme ostrý snímek, ale pokud aparátem sledujeme pohybující se objekt, snímek bude rozmazaný. Tento jev („Sample-hold“) lze různými způsoby minimalizovat, nebo dokonce zcela eliminovat. Tento jev je na obrazovkách více či méně viditelný podle toho, kterou technologii úpravy obrazu televizor využívá. Zařízení, jako jsou například projektory, vkládají mezi jednotlivé snímky obrazu jeden černý snímek navíc a pozorovatele zmatou tak, že se mu pak hrany pohyblivého obrazu zdají ostřejší a pohyb méně rozmazaný.

Plynulejší pohyb díky vyšší frekvenci snímků

Zkrácením doby zobrazení snímku z 0,02 sekundy (50 Hz) na 0,01 sekundy (100 Hz) dosáhneme efektu, při kterém bude sítnice lidského oka vnímat pohyb objektu jako méně rozmazaný. Pro dosažení tohoto efektu je třeba dopočítávat přechodová stadia pohybujícího se objektu.



ROZMAZANÝ OBRAZ

Při frekvenci 50 Hz se každý snímek zobrazuje po dobu 0,02 sekundy. Po tuto dobu zůstává objekt stacionární, zatímco oko pokračuje ve sledování jeho pohybu a stále se pohybuje. Ve výsledku se tedy bude pohyblivý obraz jevit na sítnici jako rozmazaný.

LEPŠÍ OBRAZ

Při frekvenci 100 hertzů se každý snímek zobrazí pouze na dobu 0,01 sekundy. Přechodové snímky (snímky 2, 4 a 6) nejsou původně obsaženy v originálním signálu a elektronika televizoru je musí dopočítávat. Divák má ale dojem, že obraz pohyblivého objektu je méně rozmazaný.

ku tři až devět různých fází jednoho snímku (96 až 240 Hz). Filmy lze tedy zobrazovat stejně plynulým způsobem jako videosignál, ale výsledek nemusí náročného diváka nutně nadchnout.

Každou z těchto metod lze rovněž použít se 100- a 200Hz zobrazováním, tak jak to činí například společnost Sony v případě technologie „Motion Flow 200 Hz“, implementované v LCD televizorech Bravia Z4500. S tímto systémem spolupracují i zdroje NTSC o frekvenci 120 a 240 Hz (stejně jako nepříliš běžná frekvence 96 Hz), a to i v případě zdrojů Blu-ray ve formátu 24p.

Teoreticky vzato, čím dříve bude sledován obsah obrazu, tím menší bude i výsledné rozmazání obrazu při pohybu. Objekt, který přejde přes obrazovku s HD rozlišením za 10 sekund (viz vložený článek nalevo), bude při frekvenci 100 Hz na šířku zabírat 2 pixely a při frekvenci 200 Hz pokryje přesně jeden pixel.

Metodou, která v současné době zaručuje nejlepší odezvu displeje, je kombinace prokládaných vypočítaných snímků s pulzním podsvícením.

PLAZMA: Plazmové obrazovky strukturují obraz úplně jinak než LCD displeje. Používají zářivkové pulzy směřované na příslušné buňky. V tomto případě není vše neustále podsvěcováno, ale obraz je přímo ovládnut obrazovým signálem. Jednotlivé obrazové buňky dokáží rozpoznat pouze stav „zapnuto“ či „vypnuto“ a díky tomu lze pře-

chodové tóny vytvářet pouze pomocí krátkých záblesků, jejichž délka je jediným faktorem určujícím jas.

Pro dosažení dostatečného jasu se tedy obrazový cyklus dělí na co nejmenší počet částí. První z nich tvoří půl délky zářezu, druhý čtvrtinu a tak dále. Na jeden zářez o poloviční délce lze tedy vytvořit 50procentní jas. K dosažení 70% jasu je třeba dvou zářezů – první zářez je jasný na polovinu doby a druhý je o něco slabší. Jelikož však k tomu dochází na stejném místě, zatímco oko sleduje pohybující se objekt, dochází k rozmazání obrazu, tedy ke vzniku tzv. falešných kontur. Pozorovateli se zdá, že před každou hranou a za ní běží lehký stín, který není extrémně viditelný, ale jakmile si jej jednou všimnete, už si jej budete všimnout vždy. S těmito falešnými konturami se nesetkáváme pouze v případě plazmových televizorů, ale můžeme je najít i na obraze z DLP projektorů.


Výpočtem přechodových snímků lze falešné kontury výrazně snížit, ale nelze je úplně eliminovat. Jelikož plazmové obrazovky mají kvůli pulzní povaze vyšší tendenci k blikání, většina uživatelů dnes dává přednost 100Hz zobrazení s vyhlazováním hran.

Subjektivně vzato, plazmová zařízení nabízejí o poznání vyšší ostrost pohyblivých scén než většina LCD obrazovek. Ty zvládají stejnou kvalitu zpracování pohybu pouze po vynaložení patřičné námahy a výdajů.

Pokud správně přistoupíme k analýze pohybu, trhavost pohyblivých scén může být eliminována téměř automaticky. Při určitém nastavení lze trhavé pohyblivé scény výrazně vylepšit. Je však otázkou, zda by měla elektronika displeje zasahovat takovou měrou do práce režisérů – může se stát, že pohyb měl být schválně rozmazaný.

SHRNUTÍ: Vyjádření společnosti Sony na téma „200 Hz“ dostává konkurenci pod výrazný tlak. Můžeme tak očekávat, že se objeví více televizorů pracujících s frekvencí 200 Hz, nebo i s frekvencí vyšší – společnost LG před nedávnem oznámila uvedení plazmového televizoru s frekvencí 600 Hz.

To, co bychom si přáli ještě více než závod o zvyšování hertzů, je eliminace nežádoucích obrazových chyb spojených s převodem zdrojů signálu. Příští zimní olympijské hry v roce 2010, které se budou konat v kanadském Vancouveru, budou zaznamenávány s frekvencí 60 Hz, což znamená, že při převodu na evropskou normu 50 Hz dojde ke zhoršení obrazové kvality a k zvýšení trhavosti obrazu. Pouze velmi drahá elektronická zařízení – těmi však nedisponuje každá televizní stanice – budou schopná tento hendikep do určité míry upravit.

Ať se bavíme o frekvenci 24, 50, 60, 100 nebo 200 Hz, můžeme s jistotou říci, že tato čísla nutně nereflektují kvalitu. Existuje jen jediný přesný nástroj pro posouzení kvality pohyblivého obrazu prezentovaného na televizní obrazovce – a tím je lidské oko.  **AUTOR@CHIP.CZ**