

Technologie wyświetlania trójwymiarowego

Obrazy są podstawą nowoczesnych interfejsów zapewniających komunikację pomiędzy urządzeniem elektronicznym a użytkownikiem i w dużym stopniu podnoszą atrakcyjność produktu. Gdy technologia wyświetlania w dwóch wymiarach została dopracowana niemal do perfekcji, zaczęto eksperymentować z nowymi technikami prezentacji obrazów trójwymiarowych.

Od początków filmografii, kina były miejscami, w których można było spotkać się z najbardziej nowatorskimi technologiami wyświetlania filmów. To w nich stosowano nowoczesne metody prezentacji materiałów wideo. Gdy w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, zaczęła dynamicznie rozwijać się telewizja, aby nie utracić widzów, w kinach w przyspieszonym tempie wprowadzono kolorowe filmy. Gdy na rynku pojawiły się kolorowe telewizory, w kinach wprowadzono panoramiczne ekrany i wielokanałowy dźwięk – które przez długie lata pozwalały skutecznie konkurować z telewizją. Z czasem przestało to wystarczać – na rynek trafiły duże płaskie panoramiczne wyświetlacze o wysokiej rozdzielczości, a cyfrowe źródła dźwięku umożliwiły jednoczesne odtwarzanie w domu wielu ścieżek audio na oddzielnych głośnikach. Właściciele kin znów stanęli przed koniecznością zastosowania nowych technologii i wprowadzili filmy trójwymiarowe. Jednakże tym razem nie trzeba było długo czekać na odpowiedź producentów telewizorów – trójwymiarowe wyświetlacze elektroniczne są już w sprzedaży.

Sposoby na trzy wymiary

Uzyskanie efektu trójwymiarowości jest możliwe różnymi sposobami. Niektóre z nich opracowano już w połowie ubiegłego



Fotografia 1. Przykładowy anaglif

go wieku, ale ze względu na ich wady oraz ograniczenia technologiczne, nie zyskały sobie dużej popularności. Obecnie stosowane są dwie technologie wyświetlania trójwymiarowych obrazów, z których każda ma swoje zalety i wady. Co więcej, z technolo-

giami wyświetlania powiązane są różne metody przygotowania i zapisu materiału wideo, a nawet jego oglądania. Dlatego trudno jest wybrać jedną, dominującą metodę prezentacji filmów 3D, choć można wskazać te szybciej rozwijane.

Tabela 1. Przepustowość w Gb/s potrzebna do przesłania trójwymiarowego obrazu, na który składają się dwa oddzielne obrazy dla każdego oka. Litera „p” przy oznaczeniu formatu określa tryb progresywny wyświetlania (pełnoklatkowy), a litera „i” tryb z przeplotem (ang: interlaced)

Format	24-bitowy kolor	30-bitowy kolor	36-bitowy kolor
720p24	1,1	1,3	1,6
720p30	1,3	1,7	2
720p60	2,7	3,3	4
1080i60	3	3,7	4,5
1080p60	6	7,5	9



Fotografia 2. Plastikowe okulary 3D do oglądania anaglifów



Fotografia 3. Okulary 3D firmy Sony

Anaglify. Chyba najstarszą metodą prezentacji obrazów trójwymiarowych, zarówno statycznych, jak i animowanych, były anaglify (fotografia 1). Są one znane wielu z nas, gdyż łatwo je przygotować i nie wymagają specjalistycznego sprzętu do oglądania. Anaglify powstają poprzez nałożenie na siebie dwóch obrazów, z których jeden ma przedstawiać to co widzi oko lewe, a drugi to co prawe. Obrazy te są zabarwiane na różne kolory podstawowe – najczęściej na czerwony i turkusowy. Po założeniu odpowiednich okularów (fotografia 2 i 3), z których np. szkło lewe jest zabarwione na czerwono a prawe na turkusowo, obserwatorowi



Fotografia 4. Okulary 3D z aktywnymi polaryzatorami firmy Xpand



Fotografia 5. Okulary 3D firmy Panasonic, w nich również zastosowano aktywne polaryzatory

ukazuje się trójwymiarowy obraz. Wynika to z faktu, że obraz zabarwiony na czerwono jest prawie niewidzialny poprzez czerwony okular. Analogicznie, obraz zabarwiony na kolor turkusowy jest trudny do obserwacji przez okular o tej samej barwie. Rozpoznawalna jest jedynie jasność obrazu, ale nie nasycenie barwy, oraz wszystko to co jest zabarwione na inne kolory podstawowe.

Możliwość wykonania filtrów okularów nie tylko ze szkła, ale także z odpowiednio grubej folii sprawiła, że technika ta była stosowana często w książkach, a czasem nawet czasopismach, do których dołączano tanie okulary z oprawką wykonaną z tektury. Niestety, wykorzystanie kolorowych filtrów powodowało przyciemnienie oraz zabarwienie całego obrazu na czerwono-turkusowy odcień, znacząco zmniejszając jego jakość. Ponadto technologia anaglifów charakteryzuje się słabym współczynnikiem rozdzielania obrazów dla oka lewego i prawego. Jasność obszarów nadrukowanego na papierze lub wyświetlonego na ekranie anaglifów zależy od obu składowych obrazów. Znacząco zmniejsza to głębię i precyzję uzyskiwanego efektu trójwymiarowości.

Oglądanie animowanych anaglifów przez okulary nie jest czynnością przyjemną. Ze względu na różnice pomiędzy wielkością głowy i rozstawem oczu u poszczególnych widzów, trudno jest wykonać idealne okulary, przystosowane do każdego człowieka. Co więcej, dobre okulary powinny umożliwić widzowi oglądanie ekranu z różnej odległości i pod różnymi kątami. Niedopasowanie okularów do widza i sposobu obserwacji może powodować bóle głowy, nudności i zmęczenie oczu. Kolejny problem jest związany z tym, że okulary są podatne na uszkodzenia, takie jak choćby zarysowania i złamania, co może zniechęcać do ich stosowania.

Podobne problemy utrudniają oglądanie obrazów trójwymiarowych generowanych w inny sposób, z wykorzystaniem zupełnie innych rodzajów okularów. Obecnie najbardziej popularne są ich dwa typy: z pasywnymi i z aktywnymi polaryzatorami.

Spośród tych dwóch, bardziej zbliżona do anaglifów jest technologia prezentacji obrazu powstałego poprzez nałożenie dwóch filmów wyświetlanych za pomocą światła spolaryzowanego prostopadle względem siebie. Dzięki użyciu okularów z filtrami o wzajemnie prostopadłych płaszczyznach polaryzacji, światło z jednego projektora trafia do oka lewego, a z drugiego do oka prawego. Efektem tej technologii jest obraz o naturalnych, jedynie nieco przyciemnionych kolorach. Nie występuje problem zabarwienia filmu na żaden konkretny odcień, a uzyskiwany współczynnik rozdzielania obrazów jest bardzo duży. Jego wartość zależy od kąta, pod jakim widz trzyma głowę oraz od tego czy się porusza.

Niestety, utrzymanie niezmiętej polaryzacji światła padającego na ekran wymaga pokrycia go cienką warstwą srebra, co stanowi dodatkowy koszt dla właściciela kina. Problem ten nie występuje w przypadku telewizorów.

Aktywne migawki. Drugą popularną obecnie technologią jest zastosowanie w okularach sterowanych polaryzatorów ciekłokrystalicznych (fotografia 4 i 5). Ich działanie polega na naprzemiennym przyciemnianiu okularów poprzez dwukrotną, przeciwną polaryzację padającego na nie światła. W efekcie, do oka lewego dociera obraz tylko wtedy, gdy oko prawe jest przysłonięte, i na odwrót. Metoda ta nie wymaga zastosowania srebrzystego ekranu, gdyż polaryzacja padającego na okulary światła nie jest istotna. Zaoszczędzone środki trzeba jednak wydać na droższe okulary, które ponadto wymagają zasilania. Wbudowane w nie polaryzatory ciekłokrystaliczne muszą być zsynchronizowane z wyświetlanym obrazem, aby szkła przyciemniały się w odpowiednich momentach. Odbywa się to najczęściej za pomocą sygnału przesyłanego w postaci promieniowania podczerwonego, generowanego w projektorze. Jest ono następnie odbijany od ekranu kinowego i trafia do czujników wmontowanych w okulary.

Okulary z aktywnymi polaryzatorami są droższe od tych ze stałymi filtrami, a ponadto mają większe wymiary, są cięższe i wymagają okresowej wymiany baterii. Ponadto sekwencyjne przesłanianie oczu sprawia, że obserwowany film wydaje się mniej płynny, niż w przypadku technologii ze stałymi polaryzatorami. Najbardziej znanym producentem tego typu okularów jest firma Xpand, której produkty są stosowane m.in. w polskich kinach wykorzystujących omawianą metodę prezentacji filmów 3D.

Trzeci wymiar bez okularów. Znane są również technologie trójwymiarowego wyświetlania obrazów i ich oglądania, bez użycia okularów. Zaliczają się one do metod autostereoskopii i zazwyczaj polegają na takiej budowie ekranu, by obserwowany obraz różnił się w zależności od kąta patrzenia. Ponieważ różnica pomiędzy kątem obserwacji punktu na ekranie dla oka lewego i prawego jest niewielka, skuteczność tych technologii jest bardzo ograniczona. Obraz trójwymiarowy widoczny jest w praktyce tylko z jednego, konkretnego miejsca, co uniemożliwia stosowanie autostereoskopii dla więcej niż jednego widza jednocześnie. Co więcej, widz jest zmuszony siedzieć nieruchomo, gdyż wszelkie ruchy mogą zniwelować pożądaną efekt.

3D w domu

W odróżnieniu od sal kinowych, warunki panujące w mieszkaniach sprawiają, że możliwe jest wprowadzenie modyfikacji omówionych dotąd technologii wyświetlania trójwymiarowych obrazów. Dla znacznie



Fotografia 6. Zestaw do oglądania filmów 3D firmy Panasonic

mniejszych wymiarów ekranu źródłem obrazu nie musi być projektor. Oczywiście, wciąż istnieje możliwość jego zastosowania, podobnie jak to się dzieje w kinie, ale nawet wtedy ograniczona liczba widzów oraz kameralny charakter kina domowego sprawiają, że koszt pojedynczych okularów oraz utrzymania ich sprawności staje się mało znaczący. Co więcej, dostępne są projektory, które zamiast podczerwiieni sterują aktywnymi polaryzatorami okularów za pomocą fal radiowych, dzięki czemu widz może bardziej swobodnie poruszać głową, bez utraty efektu trójwymiarowości. Mała odległość od ekranu sprawia, że okulary można podłączyć również za pomocą przewodów.

Zastosowanie ekranu telewizora jako źródła obrazu daje znacznie więcej możliwości wyświetlenia trójwymiarowego. Przykładem jest użycie pasywnych filtrów polaryzacyjnych umieszczonych naprzemiennie, linia po linii, przed frontową szybą ekranu. Jeśli widz założy okulary z pasywnymi polaryzatorami, co druga linia będzie obserwowana tylko przez oko lewe, a co druga przez prawe. W ten sposób, niskim nakładem finansowym da się uzyskać efekt trójwymiarowości, jednakże kosztem dwukrotnego zmniejszenia rozdzielczości obrazu w pionie. Zaletą tego rozwiązania jest także możliwość prostego przełączenia wyświetlacza w tryb dwuwymiarowy o pełnej rozdzielczości Full HD,

gdyż po zdjęciu okularów linie parzyste i nieparzyste są widziane obydwojema oczami na raz.

Oczywiście, możliwe jest też stosowanie okularów z aktywnymi polaryzatorami. Producenci sugerują by łączyć je z ekranami plazmowymi, które pozwalają na uzyskanie większych częstotliwości odświeżania obrazu. Jednakże w warunkach domowych problemem może okazać się regularne wymianie baterii. Niedopilnowanie stanu baterii może spowodować, że w trakcie seansu okulary przestaną działać.

Rozważając rozwiązania trójwymiarowego wyświetlania obrazów przeznaczone do użycia w warunkach domowych należy pamiętać, że użytkownicy kupując okulary, będą chcieli je wykorzystywać nie tylko u siebie, ale także u znajomych. Aby było to możliwe, konieczne jest przyjęcie jednolitych standardów, a zarazem dominacja jednej z technologii. W przeciwnym razie nabyte okulary będzie można zastosować tylko z częścią produkowanych wyświetlaczy.

Przykładowy zestaw kina domowego oferowany przez firmę Panasonic pokazano na **fotografii 6**.

Ilość danych

Prezentacja trójwymiarowego filmu wiąże się z jeszcze jednym, istotnym, a do-

tyd nieomówionym problemem. Ponieważ obraz 3D składa się najczęściej z oddzielnych sekwencji dla prawego i lewego oka, niezbędna do przesłania ilość danych kompletnego materiału filmowego jest dwukrotnie większa, niż w przypadku obrazów dwuwymiarowych. Przesłanie tak wielkiej ilości informacji, wymaga odpowiednio pojemnych nośników danych oraz wydajnych interfejsów komunikacyjnych. W praktyce jednak, z wielu powodów ilość tę ogranicza się tak, by trójwymiarowy obraz przechować lub przesyłać za pomocą istniejących już mediów. Uzyskuje się to poprzez zmniejszenie liczby wyświetlanych klatek na sekundę, ograniczanie rozdzielczości lub zmniejszanie liczby bitów, za pomocą których zapisywane są kolory poszczególnych pikseli.

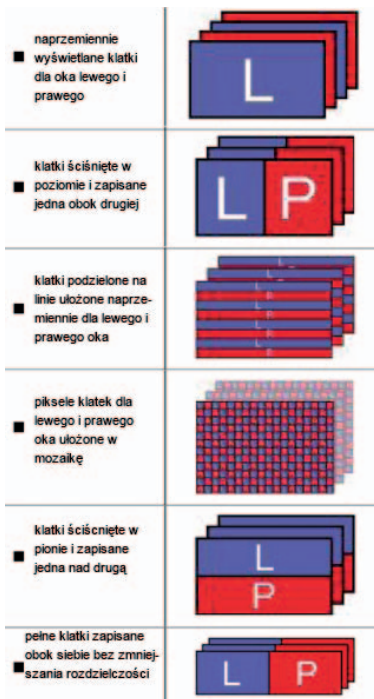
Ponieważ technologia 3D szybko, a zarazem dosyć niespodziewanie wkroczyła do kin domowych, zadanie transmisji trójwymiarowych filmów ze źródła obrazu do wyświetlacza spadło na najbardziej popularny obecnie interfejs tego typu, czyli HDMI. W wersjach 1.3 i 1.4 pozwala on na przesyłanie sygnału wideo z przepustowością do 8,16 Gb/s, co wystarcza do transmisji nawet dwóch pełnych obrazów full HD z szybkością 60 klatek na sekundę, w 24-bitowej paletce barw. Różnica pomiędzy wersjami HDMI 1.3, a 1.4 polega na wprowadzeniu wielu nowych formatów obrazu, które muszą być rozpoznawane przez odbiornik oraz na integracji łącza ethernetowego i kanału zwrotnego audio w jednej wtyczce.

Blu-Ray to podstawa

Duże znaczenie dla technologii 3D mają także nośniki Blu-Ray, które pozwalają na zmieszczenie odpowiednio dużej ilości danych na jednej płycie. Co ciekawe, wzrost popularności technologii 3D ma istotny wpływ na popularność standardu Blu-Ray, który okazał się przerastać dotychczasowe potrzeby twórców filmowych. Okazuje się bowiem, że nawet długi, dwuwymiarowy film w wysokiej rozdzielczości da się w całości zmieścić na dwuwarstwowej płycie DVD, jeśli zastosuje się odpowiednio wydajny sposób kodowania obrazu. Dostępne obecnie kodeki z rodziny H.264 i VC-1 na tyle skutecznie kompresują materiał wideo, że bez wyraźnej utraty jakości mieści się on na płytach DVD, ale materiał 3D, czyli o dwukrotnie większej objętości zmieści się dopiero na płycie Blu-Ray.

Jak zapisywać?

Duże różnice w technologiach można zaobserwować także w formatach zapisu trójwymiarowego obrazu. Istnieje sześć podstawowych sposobów rejestracji (**rysunek 7**), przy czym najbardziej naturalną metodą wydaje się zapisanie dwóch niezależnych kanałów wideo oddzielnie. Pozwala to dość dowolnie wybrać rozdzielczość i liczbę



Rysunek 7. Sposoby zapisu klatek filmów trójwymiarowych

klatek na sekundę. Jednakże aby dopasować zebrane dane do obecnie istniejących standardów zapisu lub przesyłu, najczęściej stosuje się metody dwukrotnie zmniejszające liczbę przesyłanych danych w przeliczeniu na kanał, niż dla płaskiego obrazu. W końcu i tak wiele obecnie dostępnych sposobów wyświetlania nie nadaje się do prezentacji dwóch sygnałów wideo o rozdzielczości Full HD każdy, ze standardową kinową szybkością, tj. 24 klatki na sekundę. Stosuje się kilka sposobów ograniczenia liczby danych.

Pierwszy z nich polega na naprzemiennym zapisie klatek dla lewego i prawego oka, w efekcie czego tak nagrany film kinowy jest następnie wyświetlany jest z szybkością 12 klatek na sekundę dla oka lewego i 12 dla prawego. Niestety powoduje to nieprzyjemny dla oka efekt tzw. klatkowania, czyli odczucie migania statycznych obrazów.

Dwukrotne zmniejszenie ilości gromadzonych danych można uzyskać również poprzez pionową lub poziomą kompresję każdej z klatek. Po ściśnięciu klatek o połowę i zestawieniu ich obok siebie odczytywane są jedna po drugiej – jeśli umieszczone zostały w pionie. Jeśli w poziomie, to fragmenty klatek są w efekcie odczytywane naprzemiennie. Pierwsza z tych metod wymaga zastosowania do odczytu dodatkowego bufora obrazu. Obie natomiast ograniczają o połowę rozdzielczość każdej z klatek w pionie lub poziomie. Są to obecnie najbardziej popularne metody zapisu.

Istnieje też możliwość naprzemiennego zapisu linii należących do klatek przeznaczonych dla obu oczu, przy jednoczesnym zachowaniu rozdzielczości w poziomie i dwukrotnym zmniejszeniu jej w pionie.



Fotografia 8. Telewizor 3D firmy Philips

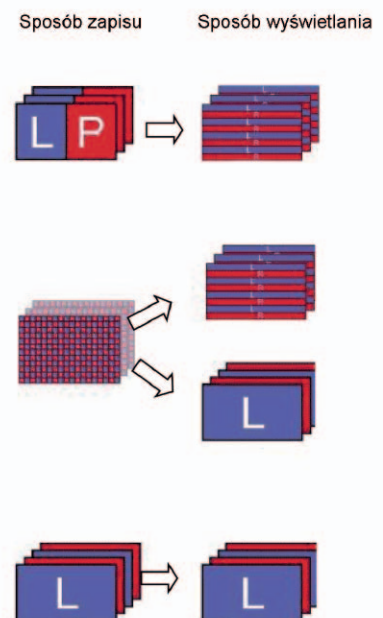
Nic nie stoi na przeszkodzie, by naprzemiennie zapisywać nie tylko całe linie obrazu, ale także poszczególne piksele. Skutkiem jest zmniejszenie rozdzielczości klatek zarówno w pionie, jak i w poziomie, ale metoda ta ma też istotną zaletę. Wykorzystując piksele z poprzednich klatek i ewentualnie klatek przyszłych, możliwa jest interpolacja ruchu i sztuczne zwiększenie rozdzielczości z użyciem prostych algorytmów.

Z metodami zapisu powiązane są także omówione wcześniej sposoby wyświetlania. Film, którego linie przeznaczone dla obu oczu odczytuje się naprzemiennie, lepiej nadaje się do wyświetlania z użyciem pasywnych polaryzatorów. Film z oddzielnymi klatkami odczytanymi w całości będzie wymagał mniej przetwarzania, jeśli zostanie zaprezentowany z użyciem okularów z aktywnymi polaryzatorami.

Rozważając ilość miejsca na dane z filmem, należy także wziąć pod uwagę format obrazu. Standardem telewizji panoramicznej są proporcje ekranu równe 16:9, czyli szerokość ekranu jest 1,78 razy większa od jego wysokości (fotografia 8). Jednakże filmy kinowe rzadko wykonywane są w takim formacie. Znacznie częściej spotyka się materiały, w których szerokość obrazu jest 1,85 lub 2,28 razy większa wysokości, a niekiedy nawet ponad 2,8. Ponieważ w przypadku telewizora, rozdzielczość w poziomie jest z góry ustalona i wynosi 1920 pikseli, zmianom podlega tylko rozdzielczość pionowa, która waha się od ok. 680 do 1080 pikseli. Oznacza to, że aby zapisać film w popularnym formacie o stosunku szerokości do wysokości równym 2,28 wystarczy zmieścić tylko 842 linie, co o jedną czwartą zmniejsza ilość danych przy-

padających na każdą klatkę filmu niż przy full HD.

Mimo to, ze względu na konieczność standaryzacji formatu zapisu na nośnikach, których zawartość jest przystosowana do wyświetlania na ekranach telewizyjnych, przyjęło się, że obraz trójwymiarowy formowany jest do postaci klatki o rozdzielczości 1920×2205 pikseli, przy czym obraz dla oka lewego jest umieszczony w górnej części tej klatki, a dla prawego – w dolnej. Ponieważ na każdy z obrazów zarezerwowanych jest po 1080 linii, jak łatwo policzyć, 45 linii pozostaje wolnych. Optymalne metody wy-



Rysunek 9. Optymalne sposoby wyświetlania trójwymiarowych filmów, w zależności od wybranej metody zapisu



Fotografia 10. Monitor firmy Samsung, wykorzystujący technologię 3D

świetlania, zależne od wybranego sposobu zapisu, pokazano na rysunku 9.

Tworzenie obrazu

Aby skorzystać z dobrodziejstw technologii trójwymiarowego wyświetlania filmów, konieczne jest posiadanie odpowiedniego materiału do prezentacji. Obecnie istnieje kilka sposobów tworzenia tego typu dzieł, przy czym najprostsze w realizacji są animacje komputerowe. Przetworzenie gotowej animacji, która w pamięci komputera jest zapisana w postaci trójwymiarowych obiektów, na film 3D wymaga w praktyce ponownego, podwójnego wygenerowania klatek dla całego filmu, co może się odbyć niemal automatycznie (fotografia 10).

Niestety, opisany wyżej sposób nie znajduje zastosowania do jakichkolwiek innych nagrań. Alternatywą wykorzystywaną w filmach nagrywanych na taśmie filmowej jest

wykorzystanie dwóch zsynchronizowanych ze sobą kamer, umieszczonych bardzo blisko siebie. Zmiana głębi takiego nagrania odbywa się poprzez odchylenie od siebie obiektywów kamer o pewien kąt. Niestety, jest to metoda nieporęczna i niewygodna w obsłudze. W związku z tym na rynku zaczęły pojawiać się kamery 3D wyposażone w dwa niezależne obiektywy, umieszczone w poziomie, w odstępie zbliżonym do rozstawu ludzkich oczu. Najbardziej znanym urządzeniem tego typu jest *Panasonic AG-3DA1* (fotografia 11), która zarejestrowane obrazy nagrywa na nośniki Flash, tworząc obraz o łącznej rozdzielczości Full HD, zapisywany z częstością 25 lub 30 klatek na sekundę. Kamera ta nadaje się także do tworzenia materiału wyświetlanego z przeplotem, tj. w postaci półklatek wyświetlanych 50 lub 60 razy na sekundę, w zależności od wybranego standardu. Pojawiły się także pierwsze urządzenia do rejestracji filmów i zdjęć trójwymiarowych przeznaczone do użytku domowego. Przykładem może być intensywnie promowany aparat fotograficzny *FinePix Real 3D W1* firmy *FujiFilm* (fotografia 12).

Kilkanaście, czy nawet kilkadziesiąt filmów 3D na płytach Blu-Ray rocznie, to jednak wciąż za mało, by skutecznie namówić klientów na zakup nowych telewizorów. Na świecie regularnie pojawiają się zapowiedzi kolejnych nadawców, którzy obiecują, że niebawem zaczną transmitować część swoich programów w technice trójwymiarowej. Przewodzą w nich stacje sportowe i popularno-naukowe, czego przykładami są *Discovery Channel* i *ESPN*. Format tych transmisji ma być kompatybilny pod względem ilości przesyłanych informacji z obecnymi standardami, ale poprawne jego odtworzenie będzie wymagało aktualizacji oprogramowania dekodowników. Na przygotowanie nowych wersji firmware ich producenci będą mieli kilka miesięcy czasu.

Planuje się także wzbogacenia istniejących już filmów o trzeci wymiar. Zaawansowane algorytmy przetwarzania danych

pozwalają na stworzenie głębi na podstawie dostępnych materiałów 2D. Jednakże nie jest to proces łatwy i aby uzyskać naprawdę realistyczny efekt, wymaga pracy specjalistów, którzy wprowadzą parametry konwersji dla poszczególnych scen filmu. Przetwarzanie starych filmów na trójwymiarowe przypomina proces kolorowania filmów czarno-białych, który został zpopularyzowany pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku.

Ostatnim ze sposobów na uzyskanie trójwymiarowych filmów i seriali jest ich dynamiczna konwersja w samym telewizorze. Pracują nad nią takie firmy, jak: *JVC*, *Mercury Computer Systems*, *DDD* i *Toshiba*, przy czym ta ostatnia korzysta w tym celu z wydajnych procesorów Cell. Trudno jednak z góry ocenić skuteczność tych zautomatyzowanych metod.

Podsumowanie

Wiele wskazuje, że technologie trójwymiarowych obrazów zdominują niebawem rynek multimediów. Trudno ocenić, na ile trend ten przyjmie się i utrzyma, bowiem uzyskiwany efekt 3D wcale nie jest idealny. Problem leży u źródła, czyli w sposobie rejestracji obrazu. Obecnie stosowane metody zobrazowania sprawiają, że widz zmuszony jest patrzeć tam, gdzie zażyczy sobie reżyser lub kamerzysta, gdyż w przeciwnym razie ujrzy nieostry obraz. W przypadku filmów dwuwymiarowych problem ten nie jest poważny i raczej pozwala skupić oko widza na ważnych elementach ekranu. Rola filmów 3D jest jednak inna, gdyż mają one umożliwić oglądanie głębi obrazów. Aby uzyskać wystarczającą głębię należałoby zastosować zmodyfikowane metody rejestracji obrazów. Wiąże się to jednak z na tyle poważnymi różnicami w technice nagrywania filmów, że trójwymiarową filmografię można by nazwać zupełnie oddzielną dziedziną sztuki.

Marcin Karbowniczek, EP
marcin.karbowniczek@ep.com.pl



Fotografia 11. Panasonic AG-3DA1 – pierwsza profesjonalna kamera 3D



Fotografia 12. Amatorska kamera 3D zintegrowana w aparacie fotograficznym FujiFilm 3D W1