

Możliwości zastosowania standardu MPEG-4 w środowiskach mobilnych

Łukasz Czekierda

Zespół Systemów Rozproszonych

Katedra Informatyki AGH

luke@ics.agh.edu.pl

Wstęp

Rozwój technicznych możliwości sieci Internet pozwala na powszechny dostęp do zastosowań, które nie tak dawno były jedynie przedmiotem testów w ośrodkach naukowych i badawczych. W ostatnich latach daje się zauważyć coraz większe zorientowanie Internetu na transmisję multimedialną, zarówno poprzez dostęp do plików zgromadzonych na serwerach wideo jak i transmisję w czasie rzeczywistym. Stosowalność takich aplikacji nie ogranicza się jedynie do dobrze wyposażonych stacji multimedialnych czy komputerów osobistych; podejmowane są próby dostępu do informacji multimedialnej na urządzeniach klasy palmtop (PDA, Personal Digital Assistant) a nawet telefonach komórkowych z dostępem do Internetu. Niedawno na przykład telewizja TVN24 przeprowadziła testy nadawania swojego programu w postaci dopasowanej do urządzeń PDA.

Standardy MPEG-1 i MPEG-2 opracowane przez ISO spowodowały udane przejście od transmisji analogowej do cyfrowej w wielu zastosowaniach. Oba te standardy, dobrze wypełniając zadania, do jakich zostały stworzone, nie nadają się jednak do wielu innych, szczególnie tam, gdzie dysponuje się niewielkimi zasobami. Wynika stąd potrzeba zaistnienie nowego standardu i oczekuje się, że ich następcą, standard MPEG-4 również odniesie sukces. Firmowanie standardu przez ISO gwarantuje jego otwartość, zaś niezwykle szerokie możliwości pozwalają znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach. Z jednej strony w wielu krajach (a niebawem i w Polsce) prowadzone są prace nad systemem cyfrowej telewizji interaktywnej właśnie przy użyciu standardu MPEG-4, z drugiej zaś zdobywa on rosnącą popularność w środowiskach, w których dostępna przepustowość łączy jest niewielka. Przez forum 3GPP (3. General Partnership Project) zajmujące się wdrażaniem standardów w sieciach komórkowych trzeciej generacji został MPEG-4 wydelegowany na standard komunikacji multimedialnej.

Niniejszy artykuł podejmuje kwestie cech standardu MPEG-4 w kontekście jego zastosowania w sieciach urządzeń mobilnych oraz pokrótce traktuje o problemach, z jakimi twórcy takich systemów muszą się zmierzyć.

Ogólne informacje na temat standardu MPEG-4

Chociaż prace nad standardem MPEG-4 rozpoczęły się już w 1993 roku, to jednak dopiero na początku roku 1999 uzyskał on status międzynarodowego standardu. Finalizacja prac nad rozszerzającą jego możliwości wersją drugą miała miejsce w roku 2000, choć cały czas trwają jeszcze opracowania ostatecznego jego kształtu.

Początkowym zamierzeniem ISO było dostarczenie standardu pozwalającego na bardzo wydajną kompresję w celu użycia go w systemach wideokonferencyjnych, jednak jego końcowe możliwości pozwoliły na znaczące zwiększenie obszaru zastosowań. MPEG-4 jako następca standardów MPEG-1 i MPEG-2 odziedziczył wiele cech po swoich poprzednikach. Wyróżnia go od nich jednak zasadniczo inne i innowacyjne podejście do kwestii reprezentowania, przesyłania i dostępu do informacji multimedialnej; zostanie ono poniżej pokrótce omówione.

Standard MPEG-4 wprowadza pojęcie semantycznie znaczącego obiektu audiowizualnego AVO (*ang.* audio-visual object) [3]. Obiekty takie mogą być zarówno naturalne jak i syntetyczne (generowane przez komputer), a ich przykładami są:

- sekwencja wideo,
- obraz statyczny,
- naturalny dźwięk,
- mowa ludzka generowana na podstawie tekstu lub syntetyzowana muzyka,
- animowana twarz lub cała ludzka postać (tzw. awatar),
- dwu- lub trójwymiarowe syntetyczne obiekty graficzne (np. figury geometryczne).

Obiekty graficzne mogą mieć dowolny (niekoniecznie prostokątny) kształt.

Sposób rozmieszczenia pojedynczych obiektów na scenie (czyli jak będą one zaprezentowane użytkownikowi) określa jej autor określając zależności zarówno przestrzenne (wzajemne położenie obiektów) jak i czasowe (moment wprowadzania i usuwania ze sceny). Opis sceny ma strukturę hierarchiczną i w znacznym stopniu korzysta z języka VRML (Virtual Reality Modeling Language) [1] zaprojektowanego do modelowania trójwymiarowej rzeczywistości wirtualnej.

Oprócz możliwości łączenia w scenie różnego rodzaju „bytów”, zastosowany w MPEG-4 obiektowy sposób reprezentacji opisywanej rzeczywistości pozwala na łatwą zmianę wyglądu sceny już w momencie jej prezentowania. Położenie i parametry obiektów (np. kolor) można łatwo modyfikować i może to być uczynione zarówno automatycznie – gdyż twórca sceny zaprojektował taką akcję – lub też przez samego użytkownika, któremu mógł on pozwolić na określony sposób interakcji. Dzięki dawanej przez VRML możliwości propagowania się zdarzeń pomiędzy obiektami, pojedyncza akcja może wyzwolić sekwencję zdarzeń wpływających na wygląd całej sceny. Dodatkowo zastosowanie przy obsłudze zdarzeń skryptowego języka JavaScript może uczynić ją niezwykle wyrafinowaną.

Podejście obiektowe wpłynęło również znacząco na wydajność kompresji, gdyż każdy z obiektów jest kodowany niezależnie przy użyciu najbardziej dla niego odpowiednich metod. Również sam opis sceny nie jest reprezentowany w postaci tekstu (jak plik VRML) lecz bardzo efektywnie kompresowany do binarnej postaci BIFS (Binary Format for Scene) [4]. Zakodowana informacja przekazywana jest do odbiorcy w postaci wielu strumieni elementarnych ES (*ang.* Elementary Stream), które dopiero w punkcie docelowym są scalane i tam też dokonuje się komponowanie wyświetlanej następnie sceny.

Najczęściej nie jest pożądane, aby strumienie elementarne przekładały się wprost na połączenia sieciowe, gdyż wówczas scena zawierająca na przykład kilkanaście obiektów wymagałaby otwarcia kilkunastu połączeń sieciowych pomiędzy nadawcą a odbiorcą, dlatego też implementacja MPEG-4 dostarcza multipleksery i demultipleksery pozwalające łączyć strumienie elementarne na czas transportu. Nie zawsze jednak wszystkie strumienie elementarne są dostarczane w jednym zmultipleksowanym połączeniu, istnieje bowiem możliwość, aby scena tworzona była ze strumieni pochodzących z wielu lokalizacji. Inną możliwością jest łączenie strumieni w grupy w oparciu o wspólne cechy, na przykład parametry jakości transmisji QoS (Quality of Service). Oba te podejścia wymagają istnienia rozbudowanego mechanizmu synchronizacji poszczególnych strumieni, aby scena mogła zostać skonstruowana poprawnie.

Do poprawnego skomponowania sceny terminalom (aplikacjom dekodującym strumień) MPEG-4 nie wystarczają same strumienie elementarne. Potrzebują one dodatkowo wiedzieć, w jaki sposób rozmieścić odpowiadające im zdekodowane obiekty na scenie oraz jakie jest powiązanie znajdujących się w opisie sceny obiektów z dostarczającymi fizycznymi strumieniami elementarnymi. Powiązanie to jest zawarte w specjalnych, opisujących strumienie elementarne, deskryptorach obiektów OD (*ang.* Object Descriptor). Gdy informacje te są znane na początku prezentacji, można pobrać je jednokrotnie w momencie rozpoczynania dekodowania strumienia, jednak często stosuje się technikę wysyłania BIFS i OD w osobnych strumieniach, pozwalając na dynamiczne kształtowanie prezentacji multimedialnej¹.

Należy wspomnieć, że MPEG-4 wprowadza niezależność między autorem sceny określającym ogólnie występujące tam obiekty, a twórcą całego przekazu multimedialnego, który odwzorowuje elementy wymienione w scenie na konkretne strumienie multimedialne. Dzięki temu istnieje na przykład możliwość łatwego dostarczania dźwięku w wielu wersjach językowych (występującego w scenie w postaci pojedynczego obiektu), spośród których końcowy odbiorca może wybierać. W podobny sposób można przysyłać strumień o wysokiej lub niższej jakości uzależniając to od jakości połączenia sieciowego.

Charakterystyka transmisji multimedialnej

W zastosowaniach multimedialnych bardzo często wykorzystywana jest technika strumieniowania (*ang.* streaming) danych przez sieć. W odróżnieniu od sposobu w jaki

¹ Jak widać, w MPEG-4 cała informacja jest przesyłana w sposób strumieniowy. MPEG-4 umożliwia użycie w prezentacji kodu języka Java pozwalającego m.in. na kontrolowanie zasobów terminala; skompilowana postać kodu także jest transmitowana w postaci strumienia elementarnego (tzw. MPEGlet).

informacja jest pobierana poprzez WWW, gdzie proces przetwarzania (np. wyświetlania) rozpoczyna się dopiero po dostarczeniu kompletnych danych do komputera klienta, w strumieniowaniu dane są dekodowane na bieżąco i bez konieczności ich zapisu na lokalny dysk. Możliwe jest zastosowanie pewnego buforowania, aby zakłócenia w sieci powodujące nierównomierne przychodzenie pakietów nie wprowadzały zakłóceń w odbiorze, jednak buforowanie takie wprowadzające dodatkowe opóźnienie może być niepożądane w przypadku transmisji w czasie rzeczywistym. Najczęściej realizowanymi scenariuszami przy wykorzystaniu strumieniowania są wideo na żądanie (*ang.* VoD – Video on Demand) i wideokonferencja. Technika wideo na żądanie pozwala wielu użytkownikom na dowolny i niezależny dostęp do zbioru danych zgromadzonych na serwerze wideo. Wideokonferencja umożliwia jej uczestnikom w czasie rzeczywistym przysyłać do siebie wzajemnie i odbierać dźwięk i obraz. Niekiedy, przede wszystkim w sieciach lokalnych, w obu scenariuszach znajduje zastosowanie transmisja grupowa (multicast), dzięki której te same pakiety mogą trafiać do wielu zainteresowanych nimi odbiorców.

Strumieniowanie bardzo często realizowane jest przy użyciu protokołów nie gwarantujących niezawodnej transmisji. Protokołem warstwy sieciowej używanym najczęściej jest protokół IP nie dający żadnych gwarancji dostarczenia pakietów ani zachowania kolejności pakietów dostarczonych. Gwarancje takie daje dopiero protokół TCP pracujący w warstwie transportowej zapewniający retransmisje nie dostarczonych na czas pakietów. Charakterystyka formatów multimedialnych opracowanych pod kątem strumieniowania uzasadnia jednak użycie zawodnych protokołów sieciowych – takich jak na przykład transportowy protokół UDP – gdyż stosowane w takich rozwiązaniach standardy kompresji pozwalają ukryć przed ograniczoną percepcją odbiorcy niewielkie przekłamania, a większe z nich nieznacznie tylko obniżają jakość odbioru. Ukrywanie przekłamań odbywa się poprzez odpowiednie interpolowanie zagubionych pakietów przez sąsiednie, dostarczone poprawnie. Należy tu wspomnieć, że obraz ruchomy jest dużo mniej podatny na takie zakłócenia niż dźwięk, którego niewielkie nawet kłopoty transmisyjne uczynić mogą niezrozumiałym w odbiorze. Transmisja bezstratna wbrew pozorom nie musi być lepsza gdyż każde zaginięcie, przekłamanie lub nadmierne opóźnienie pakietu powoduje jego retransmisję, co znacząco zwalniałoby cały przekaz czyniąc go mało komfortowym w odbiorze.

Wykorzystując protokół bez gwarancji poprawności dostarczenia informacji często dodatkowo enkapsuluje się dane w ramki protokołu RTP. Poprzez wprowadzenie numerowania pakietów i stosowanie znaczników czasowych aplikacja odbiorcza może monitorować zakłócenia w sieci polegające na zagubieniu, zmianie kolejności czy też nierównomierności w przychodzeniu pakietów i starać się samodzielnie „tuszować” błędy.

Informacja zawarta w przekazie multimedialnym charakteryzuje się bardzo dużą nadmiarowością. Algorytmy kodowania informacji multimedialnej potrafią efektywnie korzystać z redundancji w jej treści (kilkudziesięciokrotnie zmniejszając objętość informacji), jednak tym samym stają się bardziej podatne na wszelkie zakłócenia w czasie transmisji. Nie każda ramka niesie pełną informację; większość z nich bazuje na różnicach z poprzednimi (a niektóre także z następnymi), tak więc przekłamanie w jednej klatce poprzez utratę synchronizacji może dotknąć wiele następnych.

Cechy standardu MPEG-4 w kontekście zastosowań mobilnych

Problematyka transmisji przekazu multimedialnego w sieciach mobilnych jest skomplikowana i wieloaspektowa. Do najważniejszych kwestii, z którymi muszą zmierzyć się twórcy standardów należą:

1. bardzo niewielka szerokość dostępnego pasma. Powszechnie obecnie w Polsce technologie komórkowe drugiej generacji (2G) z racji bardzo niewielkich przepustowości nie pozwalają na dostęp do informacji multimedialnej, natomiast już technologie 2.5G, takie jak GPRS (oferujący do 115 kb/s), choć nie były projektowane z tą myślą, mogą w ograniczonym zakresie umożliwić komunikację audiowizualną. Znaczne zwiększenie przepustowości przyniesie dopiero telefonia trzeciej generacji (3G).
2. duże zakłócenia w czasie transmisji. O ile w tradycyjnej, przewodowej komunikacji prawdopodobieństwo przekłamania się pojedynczego bitu (stopa błędów – BER, *ang.* bit error rate) nie przekracza zwykle wartości 10^{-8} , o tyle współczynnik ten w sieciach przewodowych jest wielokrotnie wyższy i może sięgać wartości aż 10^{-3} .
3. niewielkie zasoby urządzeń. Nie dotyczą one jedynie mocy obliczeniowej procesora, lecz także ilości dostępnej pamięci operacyjnej i dyskowej. Także parametry wyświetlaczy (oczywiście znacznie się różniące między modelami PDA i telefonów przystosowanych do odbioru) zazwyczaj nie pozwalają na bardzo komfortowy odbiór przekazu.
4. kwestia poboru mocy. Urządzenia mobilne, co zresztą wynika z definicji, odłączone są zazwyczaj od sieci energetycznej i zdane jedynie na swoje baterie, a wzrost możliwości urządzenia przekłada się niestety na zużycie mocy.

Dalsza część niniejszego punktu podejmie zarysowaną powyżej problematykę w kontekście standardu MPEG-4.

Z powyższego wprowadzenia widać, że w porównaniu z platformą komputerów stacjonarnych, w których moc obliczeniowa, pamięć operacyjna i dyskowa zwiększają się z roku na rok zachęcając poniekąd do rozprzestrzeniania się mnóstwa formatów do kompresji audio i wideo, twórcy aplikacji i systemów dla transmisji strumieni multimedialnych do lub pomiędzy urządzeniami mobilnymi muszą zmierzyć się z ogromem problemów. Ograniczone zasoby urządzeń mobilnych nie pozwalają (przynajmniej obecnie) na istnienie wielu standardów, gdyż odbywałoby się to kosztem ich wzajemnej niekompatybilności. Stąd też liczące się firmy z branży medialnej i bezprzewodowej zawarły porozumienie o promowaniu wspólnego formatu do obsługi transmisji multimedialnej – i standardem tym został MPEG-4. Członkostwo w zrzeszającej je organizacji ISMA (Internet Streaming Media Alliance) uzyskało dotąd ponad 30 producentów zajmujących się strumieniowaniem informacji multimedialnej poprzez sieć Internet.

MPEG-4 nie ani jedynym, ani pierwszym standardem możliwym do stosowania na łączach o niskiej przepustowości i przy dużym stopniu zakłóceń w transmisji. Od kilku lat powszechnie wykorzystywanymi formatami o jakości wideokonferencyjnej do komunikacji poprzez Internet są H.261 i H.263, wiele jest także rozwiązań firmowych, jak na przykład

implementacje algorytmów kodowania i dekodowania dla urządzeń PDA opracowane przez firmę SeromeMobile. W czym zatem jest MPEG-4 (oprócz poparcia ze strony znaczących gremiów) lepszy od swoich licznych konkurentów?

W największym skrócie mówiąc, najważniejszymi cechami predestynującymi standard MPEG-4 do zastosowań mobilnych są bardzo niskie wymagania odnośnie przepustowości osiągane dzięki efektywnej kompresji oraz odporność na wysoki poziom błędów występujących w tego typu transmisji.

Czytając o ogromnych możliwościach MPEG-4 nie sposób zadać sobie pytania jak może on w ogóle działać w tak trudnych, jak zarysowane, warunkach. Aby możliwa była jego implementacja oraz praca w środowiskach, w których cała funkcjonalność nie może zostać z różnych przyczyn zrealizowana, twórcy wprowadzili pojęcie profili [5] określających wymagania wobec poszczególnych implementacji terminali. Obejmują one kwestie obsługi dźwięku, obrazu statycznego i ruchomego oraz zarządzania sceną. Poniżej wymienione zostaną najważniejsze z profili, z zaakcentowaniem tych, które mogą być wykorzystane w komunikacji mobilnej.

1. Profile obsługujące wideo:

- a) profil *Simple Visual* zaprojektowany dla urządzeń w sieciach mobilnych wymaga jedynie kodowania pojedynczego prostokątnego obrazu.
- b) profil *Simple Scalable Visual* rozszerza poprzedni profil o skalowalność czasowo-przestrzenną, umożliwiając sterowanie jakością przekazu obrazu.
- c) profil *Advanced Real Time* wprowadza m.in. zwrotny kanał do serwera.
- d) profil *Core* dodaje do poprzednich profili *Simple* możliwość kodowania obiektów o dowolnych kształtach, pozwalając także na osiągnięcie interaktywności. Jego złożoność według twórców ogranicza na razie stosowalność do Internetu.

2. Profile dźwiękowe:

- a) profil *Speech* przeznaczony do kodowania mowy ludzkiej, wykorzystuje standard CELP lub syntezę mowy w oparciu o interfejs TTS.
- b) profil *Scalable* można użyć dla kodowania nie tylko mowy lecz również muzyki.

3. Profile kompozycji sceny

- a) profil *Audio Scene Graph* pozwala wykorzystać MPEG-4 jedynie do przesyłania dźwięku. Możliwym zastosowaniem jest rozgłaszanie audycji radiowych.
- b) profil *Simple 2D Scene Graph* daje możliwość komponowania sceny z wielu obiektów audiowizualnych jednak bez możliwości interakcji użytkownika.

Bardziej zaawansowane profile pozwalają na przykład na animowanie postaci i twarzy, operowanie przestrzennym dźwiękiem czy tworzenie scen trójwymiarowych, jednak oczywiście nie należy przypuszczać, że szybko pojawią się ich implementacje na urządzenia mobilne.

Najprostsze i najbardziej oszczędne profile MPEG-4 wymagają bardzo małej przepustowości łączy. Formatom dźwiękowym zoptymalizowanym do przesyłania mowy wystarczy pasmo o szerokości 2 kb/s, a do przesłania prostej sekwencji wideo wystarczające jest 10 kb/s. Dzięki użyciu transformaty falkowej [2] także kompresja tekstur i obrazów statycznych jest bardzo wydajna.

Niezwykle ważnym pojęciem określającym przydatność standardu w omawianych zastosowaniach jest jego skalowalność występująca w różnych kontekstach [7]. Skalowalność strumienia pozwala na pominięcie części strumienia zarówno przez dekodera jak i w czasie transmisji (np. na obsługującym format routerze) aby dostosować go do warunków przetwarzania lub transmisji, jednak w taki sposób, że pozostała część strumienia dalej może być poprawnie odbierana. Informacja może być przenoszona przez kilka strumieni, zazwyczaj jest to strumień podstawowy o niskiej jakości oraz jeden lub wiele dodatkowych, które połączone razem zwiększają jakość przekazu, a w razie problemów transmisyjnych lub w czasie przetwarzania mogą być bezpiecznie pomijane. Skalowalność kodera i dekodera pozwala natomiast na istnienie urządzeń o różnym stopniu zaawansowania, które mimo to są w stanie odpowiednio generować poprawne i zrozumiałe dla innych strumienie danych oraz dekodować je w miarę własnych możliwości. Skalowanie obrazu może przejawiać się w zmniejszonej rozdzielczości przestrzennej lub czasowej (mniej ramek na sekundę). Dzięki obiektowej naturze MPEG-4 dopasowywanie jakości przekazu do możliwości technicznych urządzeń końcowych i jakości oraz przepustowości połączenia w sieci może dotyczyć dowolnie wybranych strumieni elementarnych. W ekstremalnym podejściu można w ogóle zrezygnować z pewnych strumieni. Niedawno firma PacketVideo specjalizująca się w dostarczaniu narzędzi do odbioru strumieni MPEG-4 na urządzeniach mobilnych wdrożyła rozwiązanie nazwane FrameTrack². Polega ono na tym, że aplikacja odbiorcza w wypadku wykrycia problemów z poprawnym odbieraniem danych jest w stanie skomunikować się poprzez zwrotny kanał z serwerem nadawczym w celu indywidualnego zmniejszenia tempa nadawania.

Ze względu na specyfikę swoich zastosowań, standard MPEG-4 dostarcza zaawansowane mechanizmy pozwalające wykorzystać go w środowiskach o dużej stopie błędów. Należą do nich techniki detekcji i lokalizacji błędów oraz ukrywania przekłamań, tak by w możliwie najlepszy sposób zatuszować zaistniałe błędy [3]. Chociaż metody ukrywania błędów nie są definiowane przez standard i zależą od konkretnej implementacji, metody radzenia sobie z nimi najczęściej są podobne. Przekłamate makrobloki (porcje danych kodujące fragment obrazu) mogą być zastąpione przez te z poprzednich ramek, co na ogół nie zostanie przez wzrok ludzki wykryte. Oczywiście takie rozwiązanie nie spisze się najlepiej, gdy dynamika obrazu jest duża. Inną metodą jest interpolacja makrobloku na podstawie sąsiednich, poprawnie otrzymanych.

Potencjalne przekłamania w informacji medialnej mogą być dość łatwo ukryte przed okiem lub uchem odbiorcy, jednak wszelkie zakłócenia w zarządzaniu sesją (np. strumieniu BIFS czy OD) mogą spowodować spore kłopoty. Dlatego też MPEG-4 wyróżnia dwie tzw. płaszczyzny (*ang. planes*) – *Data Plane* używaną do transportu samych mediów i *Control Plane* do transportowania informacji kontrolnej. Protokoły używane do przesyłania obu rodzajów informacji mogą być różne; zalecane jest oczywiście, aby *Control Plane* był

² Podobne rozwiązanie (nazywane NEWPRED) przewiduje standard MPEG-4.

przesyłany w sposób bezbłędny, gdyż w tym wypadku ważniejsze niż dostarczenie informacji na czas jest jej kompletność.

Zagadnieniem równie ważnym jak dostępne pasmo, jego przepustowość i jakość transmisji, choć jednocześnie rzadko zauważanym jest kwestia dekodowania strumienia MPEG-4. Choć algorytmy kompresji najczęściej są niesymetryczne w swoim działaniu i wymagają dużo większej mocy obliczeniowej i pamięci operacyjnej przy kodowaniu niż przy wykonywanym zazwyczaj wielokrotnie dekodowaniu, to i tak proces ten staje się niemałym wyzwaniem dla mobilnych urządzeń. Zauważyć też należy, że bardzo interesujące byłoby posiadanie możliwości generacji strumienia na takim właśnie urządzeniu, co wymaga zmierzenia się także i z problemem kodowania³.

Oprócz kroków wykonywanych zwyczajowo przez dekodery formatów graficznych, takich jak przeprowadzenie dekwantyzacji czy odwrotnej transformacji kosinusowej i tak wymagających angażowania dużej ilości zasobów, na terminale MPEG-4 zostały nałożone dodatkowe zadania. Należą do nich rozbudowane mechanizmy radzenia sobie z błędami transmisji, które dla osiągnięcia satysfakcjonujących efektów wymagają niemałej mocy obliczeniowej, a w przypadku wykorzystywania bardziej rozbudowanych profili kosztowne jest także komponowanie sceny i synchronizowanie strumieni elementarnych.

Powierzenie tych zadań głównemu procesorowi urządzenia jest oczywiście możliwe, choć dużo lepszym rozwiązaniem jest użycie jednostki specjalizowanej [8]. Zaletą specjalizowanego procesora jest to, że dostarcza zbiór instrukcji zoptymalizowany pod kątem wykonywanego zadania, pozwalając na wykonanie go w mniejszej ilości cykli. Prace nad sprzętem do przetwarzania MPEG-4 są jednak wciąż mało zaawansowane, głównie ze względu na świeżość standardu i ciągle trwające testy implementacji pod kątem pełnej z nim zgodności. Dopiero analiza działania istniejącego programu pozwala na określenie fragmentów, które mogłyby być wykonane przy pomocy sprzętu. Pojawiają się już jednak doniesienia o testowaniu bądź zakończeniu prac nad rozwiązaniami sprzętowymi. Niedawno na przykład firma Luxxon obwieściła zakończenie prac nad procesorem dedykowanym dla urządzeń PDA pozwalającym na efektywne kodowanie i dekodowanie danych MPEG-4, łącznie z obsługą strumieniowania. Podobne zadanie udało się także firmie Toshiba, która opracowała *chipset* do dekodowania MPEG-4 do wykorzystania na urządzeniach PDA i telefonach komórkowych. Z takimi samymi urządzeniami może współpracować *chip* zaprojektowany przez firmę Matsushita (powiązaną z Panasonikiem) obsługujący nie tylko profil *Simple* ale i *Core*. Z doniesień prasowych wynika, że ceny tych wszystkich elementów nie powinny przekraczać kilkunastu-kilkudziesięciu dolarów.

Nawet jednak gdy wydajność urządzenia będzie wystarczająca do dekodowania obrazu o wysokiej rozdzielczości i dużej ilości ramek na sekundę, barierą pozostać może kwestia rosnącego wówczas poboru mocy, którą w urządzeniach mobilnych, pozbawionych zasilania z sieci energetycznej trzeba gospodarować bardzo oszczędnie. Do niewątpliwych zalet specjalizowanych procesorów należy więc i to, że wykonują swoje zadanie kosztem mniejszego zużycia energii – we wspomnianych w powyższym akapicie rozwiązaniach nie przekraczało ono według informacji twórców kilkudziesięciu miliwatów, co oczywiście silnie zależy od rodzaju i parametrów dekodowanego strumienia. Mimo to niekiedy pożądane będą

³ Takie rozwiązania już istnieją, według informacji autora ograniczają się jednak wyłącznie do najprostszych profili.

strumienie MPEG-4 o słabych parametrach np. o rozdzielczości QCIF (176x144 pikseli) lub nawet SQCIF (128x96 pikseli) zamiast CIF (352x288 pikseli) i kilku ramkach na sekundę, dzięki czemu można będzie uzyskać nawet kilkukrotnie mniejsze zapotrzebowanie na energię.

Zastosowania

Mimo, iż początek prac nad standardem miał miejsce w 1993, do dziś trwają wysiłki nad jego dokończeniem. Niestety nie istnieje dotąd wiele aplikacji implementujących bardziej zaawansowane funkcje standardu, a istniejące aplikacje często pracują niestabilnie.

O ile wydaje się przesądzone, że – dzięki swoim rozbudowanym możliwościom – MPEG-4 zdobędzie dużą popularność w sieciach stacjonarnych, gdzie dysponuje się dużą przepustowością a komputery wyposażone są w spore zasoby sprzętowe, o tyle popularność w sieciach mobilnych zdobyć będzie zapewne ciężiej. W wielu dyskusjach na temat zastosowań MPEG-4 pojawia się stwierdzenie, że standard ten stanie się *killer application* dla urządzeń mobilnych.

Zastanowić się należy, na jaki sektor będzie nastawiony rynek bezprzewodowej komunikacji multimedialnej. Czy przeciętny użytkownik będzie potrzebował na niewielkim, choćby kolorowym wyświetlaczu swojego telefonu komórkowego czy nawet urządzenia PDA mieć dostęp do filmów, które może oglądać w dużo lepszych warunkach na ekranie swojego domowego komputera lub telewizora (*notabene* strumienie te pewnie otrzyma również w standardzie MPEG-4)? Dużą skuteczność mogłaby mieć reklama w postaci (interaktywnego) filmu MPEG-4, jednak użytkownicy zapewne niezbyt chętnie pozwolą sobie na jej pobranie mając świadomość związanych z tym kosztów. Chętniej zapewne pobierać będą pliki z muzyką – według ISMA MPEG-4 ma wyeliminować format MP3. Na zdobycie popularności mogą najpewniej jednak liczyć serwisy oferujące informacje biznesowe w postaci multimedialnej. Atrakcyjne też wydają się aplikacje w zastosowaniach wymagających ciągłego monitoringu, na przykład wyposażenie przemieszczającej się ochrony budynku w dostęp do informacji z kamer przemysłowych. Stosowalność standardu MPEG-4 w coraz popularniejszych zastosowaniach telemedycznych jest możliwa, choć przy znacznych ograniczeniach, gdyż parametry wyświetlaczy nie pozwalają na osiągnięcie jakości diagnostycznej lecz nawet tylko przypomnienie sobie wyników badań pacjenta może być bardzo przydatne.

Jak będzie – zobaczymy. Kraje Dalekiego Wschodu, a szczególnie Japonia są dużo bardziej niż Stany Zjednoczone i Europa zaawansowane w rozwijaniu i wdrażaniu technologii trzeciej generacji i stamtąd najwcześniej należy spodziewać się należy wieści o powszechnej akceptacji standardu i jego zastosowaniach.

Literatura

1. The Virtual Reality Modeling Language, <http://www.web3d.org/Specifications/VRML97>
2. Multimedia - Algorytmy i standardy kompresji, Praca zbiorowa pod redakcją W. Skarbka. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1998.

3. Overview of the MPEG-4 Standard, <http://mpeg.telecomitaliab.com/standards/mpeg-4/mpeg4.htm>
4. J. Signes, Y. Fisher, A. Eleftheriadis, MPEG-4's Binary Format for Scene Description, http://leonardo.telecomitaliaab.com/icjfiles/mpeg-4_si/5-BIFS_paper/5-BIFS_paper.htm
5. R. Koenen, Profiles and Levels in MPEG-4: Approach and Overview http://leonardo.telecomitaliaab.com/icjfiles/mpeg-4_si/11-Profiles_paper/11-Profiles_paper.htm
6. G. Franceschini, The Delivery Layer in MPEG-4 http://leonardo.telecomitaliaab.com/icjfiles/mpeg-4_si/6-DMIF_paper/6-DMIF_paper.htm
7. C. Herpel, A. Eleftheriadis, MPEG-4 Systems: Elementary Stream Management, http://leonardo.telecomitaliaab.com/icjfiles/mpeg-4_si/4-ESM_paper/4-ESM_paper.htm
8. G. Kamosa, D. Arya, Mobile Devices: Building DSP Engines for Wireless Video Apps, www.commdesign.com

Informacja o firmach zajmujących się kodowaniem, dekodowaniem i strumieniowaniem MPEG-4 w sieciach mobilnych

Na stronie MPEG-4 Industry Forum (www.m4if.org/products) znajdują się odnośniki do wielu firm zajmujących się opracowywaniem oprogramowania MPEG-4. Wiele z nich specjalizuje się w komunikacji bezprzewodowej, część dostarcza kompletną infrastrukturę pozwalającą na kodowanie, udostępnianie i dekodowanie danych MPEG-4. Niektóre firmy pozwalają na darmowe pobranie przeglądarki MPEG-4 na urządzenia przenośne (najczęściej PocketPC). Warto zajrzeć szczególnie na strony WWW następujących producentów:

- Packet Video (www.packetvideo.com)
- Serome Mobile (www.seromemobile.com)
- Solid Streaming (www.solidstreaming.com)

Przykłady wdrożeń strumieniowania MPEG-4 w sieciach mobilnych

W Japonii operator NTT DoCoMo (www.nttdocomo.com), który wdrożył tam standard telefonii komórkowej trzeciej generacji oparty na technologii W-CDMA, uruchomił usługę FOMA (Freedom of Mobile Multimedia Access) pozwalającą na dostęp do informacji audiowizualnej z przepustowością do 384 kb/s przy użyciu standardu MPEG-4. Telefony używane w tej usłudze mogą być wyposażone w kamerę. Usługa *i-mode* wprowadzona dwa lata temu, dająca dostęp do specjalnie skonstruowanych stron w Internecie przyniosła firmie ponad 26 milionów subskrybentów.

W wielu krajach prowadzono testy strumieniowania danych MPEG-4 przy użyciu technologii GPRS. W testach prowadzonych w Szwajcarii i Hiszpanii oprogramowanie dostarczyła firma PacketVideo.