



POZNAŃ, 14-16 maja 2001

MODELOWANIE STRUMIENI BINARNYCH GENEROWANYCH PRZEZ KODER OBRAZU MPEG-2

Streszczenie: W pracy przedstawiono prosty model pozwalający na określenia liczby bitów niezbędnych do zakodowania w systemie MPEG2 obrazu w zależności od parametru kwantyzacji. Przedstawiono szereg wyników eksperymentalnych weryfikujących zaproponowany model. Pokazano także zależności dla poszczególnych składowych: luminancji i chrominancji.

1. WPROWADZENIE

Standard kompresji sygnału wizyjnego MPEG2 [4,5] jest obecnie powszechnie stosowany. Ma zastosowanie m.in. w telewizji cyfrowej (TV-SAT) oraz przy zapisie materiału wizyjnego na nośnikach np. DVD. W tych zastosowaniach typowe przepływności są rzędu kilku do kilkunastu Mb/s. Opracowanie modelu strumienia wizyjnego umożliwiłoby efektywniejsze kodowanie. Uzyskane w ten sposób nawet niewielkie polepszenie jakości lub kilkuprocentowe zmniejszenie strumienia może okazać się znaczące, szczególnie przy kodowaniu wielokanałowym, gdy sumaryczny zysk z kilku strumieni może umożliwić w rezultacie transmisję dodatkowego kanału, a w przypadku nośników danych umieszczenie na jednej płycie większej ilości materiału przy zachowaniu tej samej jakości.

Standard określa składnię zakodowanego strumienia bitowego i tylko pośrednio określa funkcje realizowane przez koder. Sposób realizacji tych funkcji nie jest objęty standardem i dzięki temu możliwe jest ciągle polepszanie efektywności koderów. Jednym z istotnych problemów jest optymalizacja sterowania koderem, który pracuje w sposób adaptacyjny dopasowując się do lokalnych własności kodowanego obrazu. Algorytm sterujący można podzielić na dwie części:

- sterowanie globalne, które za pomocą regulacji małej liczby parametrów koderów wpływa na całkowitą liczbę bitów alokowanych do jednego obrazu;
- sterowanie lokalne, które nieznacznie modyfikuje parametry dostosowując liczbę alokowanych bitów do lokalnych własności obrazu.

Działanie algorytmu uzależnione jest od warunków nałożonych na strumień wyjściowy i zmienia się w zależności od tego czy żąda się otrzymania stałej

przeływności bitowej strumienia na wyjściu koderów czy stałej jakości kodowanej sekwencji wizyjnej.

Pomimo szerokiego stosowania standardu kompresji MPEG2 dopiero w ostatnim czasie pojawia się wiele prac [np. 1,2,3], których celem jest określenie reguł rządzących procesami kodowania i znalezienie matematycznego modelu procesu kodowania

Liczba bitów reprezentujących pojedynczy obraz oraz jakość tego obrazu powiązane są w skomplikowany sposób który jest związany ze zjawiskami nieliniowymi zachodzącymi w procesie kodowania. Ponieważ nie ma modeli matematycznych tych zjawisk, dlatego istnieje potrzeba opracowania modeli eksperymentalnych [1,2,3].

Prezentowane wyniki dotyczą modelu umożliwiającego budowę układu sterującego na poziomie globalnym.

2. STRUMIEN BITOWY OBRAZÓW TYPU I

Badania przedstawione w pracy dotyczą obrazów typu I czyli kodowanych wewnątrzobrazowo. Dane eksperymentalne uzyskano przeprowadzając dokładną analizę strumienia binarnego generowanego przez koder MPEG-2. Badano zmienność poszczególnych części strumienia. Dla potrzeb pracy wydzielono: współczynniki DCT luminancji, współczynniki DCT chrominancji, dane sterujące.

W obrazach typu I głównym parametrem sterującym jest współczynnik kwantyzacji Q . Skaluje on tablicę kwantyzacji umożliwiając zmianę jakości kodowanego obrazu i sterowanie liczbą bitów otrzymywanych na wyjściu koderów.

Można oszacować zależność pomiędzy parametrem Q a wielkością strumienia. Rozpatrywana jest taka zależność, ponieważ jednym z najczęściej wykorzystywanych trybów pracy koderów jest tryb ze stałą przepływności (CBR mode) [4,5]. Koder znając liczbę bitów, którą może przeznaczyć na zakodowanie obrazu wyznacza parametr Q . Częstą praktyką jest iteracyjne wyznaczanie parametru Q rozpoczynając od pewnej początkowej wartości arbitralnej. W pracy proponuje się następującą procedurę wyznaczenia tego parametru:

- identyfikacja parametru związanego z własnościami obrazu z wykorzystaniem statystycznych podobieństw pomiędzy kolejnymi obrazami sekwencji.
- wyznaczenie odpowiedniej wartości Q korzystając z modelu strumienia i wyników identyfikacji.

Parametr Q ma wpływ jedynie na strumień luminancji i chrominancji. Strumień danych zawierający nagłówki i dane sterujące stanowi wartość stałą zależną tylko od rozmiarów obrazu. Zatem przepływność binarna B_I odpowiadająca jednemu obrazowi typu I możemy zapisać jako

$$B_I = B_{VAR}(Q) + B_{CONST}; \quad (1)$$

gdzie

$B_{VAR}(Q)$ - wartość przepływności zależna od Q ,

B_{CONST} - wartość stała niezależna od Q .

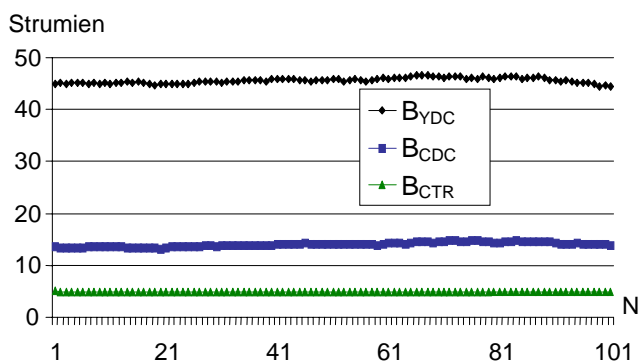
Z kolei

$$B_{CONST} = B_{CTRL} + B_{YDC} + B_{CDC}; \quad (2)$$

gdzie

B_{CTRL} - wartość stała zależna tylko od rozdzielczości, dla obrazu o rozdzielczości telewizyjnej jest to 4,9 kbit ± 100 bitów w zależności od zawartości wysłanych nagłówków,

B_{YDC}, B_{CDC} - strumień zawierający współczynniki DC składowych Y, C_R i C_B zależny od rozmiarów i treści obrazu, zmienia się jednak bardzo nieznacznie co pokazane jest na rys.1.



Rys.1 Wykres liczby bitów poszczególnych strumieni w sekwencji cheer.4cif dla 100 kolejnych obrazów.

3. STRUMIENIE LUMINANCJI I CHROMINANCJI

Parametr Q reguluje strumień bitowy związany ze współczynnikami AC. Zależność pomiędzy wielkością strumienia danych współczynników AC luminancji a współczynnikiem kwantyzacji przedstawia rys.2.

Znając funkcję aproksymującą wartości eksperymentalne możemy określić wielkość strumienia luminancji lub chrominancji dla dowolnego parametru Q z zakresu 1-31.

Określa się funkcję opisującą część strumienia zależną od parametru Q :

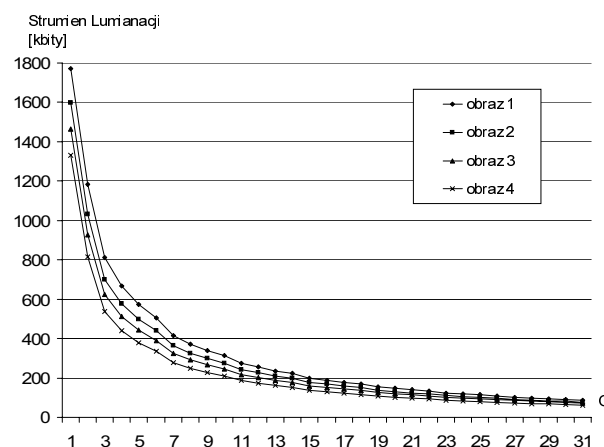
$$B_{VAR}(Q) = B_Y(Q) + B_C(Q); \quad (3)$$

gdzie

$B_Y(Q)$ - dane współczynników AC luminancji,

$B_C(Q)$ - dane współczynników AC chrominancji.

Jeśli funkcja zależy tylko od jednego parametru charakteryzującego dany obraz, to znając wartość strumienia $B_{VAR}(Q_0)$ dla konkretnego Q_0 można wyznaczyć jego wartość dla dowolnego Q .



Rys.2. Wykres liczby bitów potrzebnych do zakodowania współczynników AC transformaty DCT luminancji w funkcji współczynnika kwantyzacji Q dla czterech różnych obrazów z sekwencji testowych

Wartości funkcji $B_Y(Q)$ i $B_C(Q)$ wyznaczono eksperymentalnie dla kilku obrazów testowych. Analiza wykresów wykazała że eksperymentalne krzywe $B_Y(Q)$ i $B_C(Q)$ można dobrze przybliżyć funkcją:

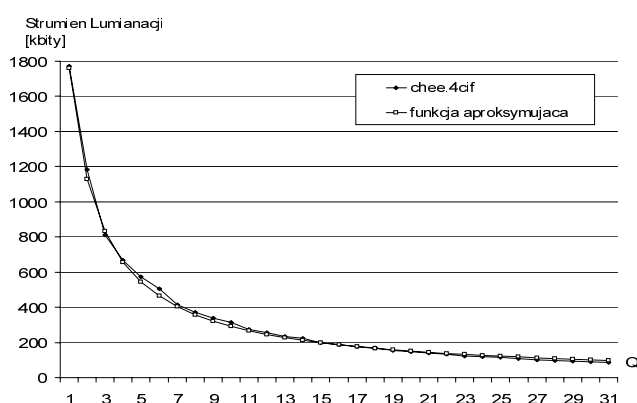
$$B = \frac{a}{cQ^b + d}; \quad (4)$$

Na podstawie danych eksperymentalnych dla dużego zbioru obrazów oszacowano parametry a, b, c i d funkcji aproksymującej. Parametr b zmienia się w zakresie 0,8÷1,2 jednak dla większości obrazów wartość jest bliska 1, stąd dla uproszczenia można przyjąć $b=1$. Parametr a powinien mieć wartość większą bądź równą wartości strumienia dla $Q=1$. Najlepsze rezultaty uzyskuje się, gdy parametr Q jest dokładnie równy tej wartości. W eksperymentach przyjęto jednak $a = 4 \cdot 10^6$. Dokładność oszacowania przy takich uproszczeniach maleje, jednak lokalnie dla wartości Q będącej w pobliżu Q_0 (dla którego wyznaczamy parametr c) jest ona wystarczająca. Unika się w ten sposób wyznaczania kolejnego parametru. W ten sposób otrzymuje się funkcję zależną tylko od jednego parametru c :

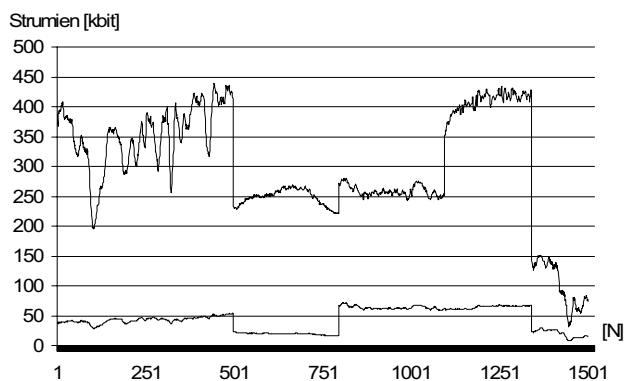
$$B = \frac{a}{cQ+1}, \quad (5)$$

gdzie B oznacza zarówno strumień luminancji, jak i strumień chrominancji. Mając oszacowany parametr c dla danego obrazu możemy wprost wyliczyć wartość średnią parametru kwantyzacji Q dla całego obrazu. Wartość ta jest później modyfikowana w pewnych niewielkich granicach na poziomie lokalnym.

Liczne eksperymenty z sekwencjami testowymi pokazują, że uzyskany prosty model w praktyce zapewnia dosyć dobrą dokładność aproksymacji wartości strumienia (rys.3). Wartość parametru c można wyznaczać z danych uzyskanych dla poprzedniego obrazu sekwencji. Nie jest to możliwe jedynie w rzadkich punktach cięć (rys.4).



Rys.3. Przykład aproksymacji krzywej eksperymentalnej proponowaną funkcją



Rys.4. Wykres strumieni danych luminancji i chrominancji dla stałej wartości współczynnika kwantyzacji

4. ZALEŻNOŚĆ STRUMIENI LUMINANCJI I CHROMINANCJI

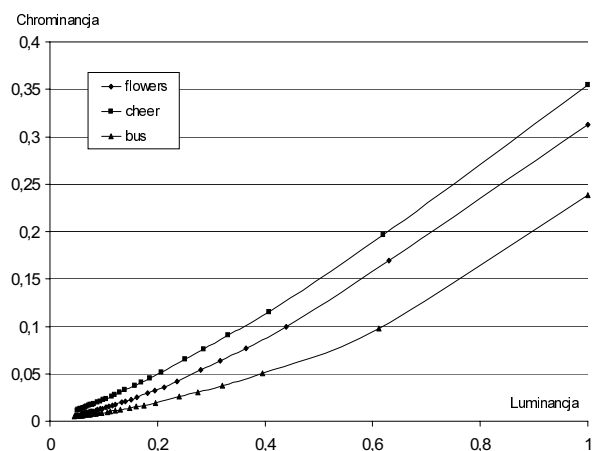
Na podstawie danych eksperymentalnych wykreślono także zależność między strumieniami luminancji i chrominancji:

$$B_C = f(B_Y), \quad (6)$$

gdzie B_C - strumień chrominancji,

B_Y - strumień luminancji.

Stwierdzono, że funkcja f ma ten sam kształt dla wszystkich badanych obrazów. Treść obrazu jedynie modyfikuje nachylenie krzywej (rys.5).



Rys.5. Krzywe reprezentujące zależność między wielkością strumienia luminancji i chrominancji dla różnych parametrów kwantyzacji i dla różnych obrazów

5. PODSUMOWANIE

Praca przedstawia pierwszy etap konstrukcji pełnego modelu strumienia kodera standardu MPEG-2 oraz jego implementacji wraz z uzyskanymi wynikami eksperymentalnymi.

W prowadzonych badaniach podjęto próbę oszacowania zależności pomiędzy zmiennymi wpływającymi na pracę kodera a wielkością strumienia wyjściowego. Zaproponowane modelowanie wielkości różnych składowych strumienia umożliwia szybkie dobranie globalnych wartości parametrów sterujących pracą kodera, a co za tym idzie ułatwia późniejszy dobór parametrów lokalnych. Uzyskane zależności wykorzystano do konstrukcji układu sterującego programowego kodera MPEG-2.

LITERATURA

- [1] L. Wang „Rate control for MPEG video coding” Image Communication, vol.15 (2000), pp. 493-511.
- [2] H. Kasui, M.Kodama, H Tominaga „Video scalability rate control method by dynamic controlling of bits allocation ratio” EUSIPCO 2000 Proceedings, vol 2,pp 1157-1160.
- [3] L. Shaw-Min, C Ting-Chung, T Kou-Hu „Subband HDTV coding using high-order Conditional statistics” IEEE Journal SAC, vol. 11.
- [4] MPEG Software Simulation Group, MPEG-2 Encoder Decoder version 1.2, July 19, 1996, <http://www.mpeg.org>.
- [5] International Telecommunication Union, Transmission of non-telephone signals - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video ITU-T Recommendation H.262, ITU-T 7/95

Autor jest stypendystą Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej