

Laboratorium Telewizji Cyfrowej
WARSTWA KOMPRESJI STRUMIENIA WIZYJNEGO

Jarosław Marek Gliwiński
#74839, MiEPU

19 marca 2009

1 Wstęp

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z procesem kwantyzacji zastosowanym w standardzie MPEG-2.

2 Część I

2.1 Zapoznanie z zawartością macierzy współczynników kwantyzacji

W pliku konfiguracyjnym `mpeg2.cfg` odnaleziono sekcje odpowiadające tablicom (macierzom) współczynników kwantyzacji. Macierze są rzecz jasna macierzami 8x8, co odpowiada rozmiarowi bloku próbek DCT.

```
[MATRIX: INTRA_QUANT_TABLE]
{
  $DIMENSION      8,8;
  $CONST          8;
  $COEFFICIENTS
      8 ,16 ,19 ,22 ,26 ,27 ,29 ,34;
      16 ,16 ,22 ,24 ,27 ,29 ,34 ,37;
      19 ,22 ,26 ,27 ,29 ,34 ,34 ,38;
      22 ,22 ,26 ,27 ,29 ,34 ,37 ,40;
      22 ,26 ,27 ,29 ,32 ,35 ,40 ,48;
      26 ,27 ,29 ,32 ,35 ,40 ,48 ,58;
      26 ,27 ,29 ,34 ,38 ,46 ,56 ,69;
      27 ,29 ,35 ,38 ,46 ,56 ,69 ,83;
}
```

Współczynniki macierzy ułożone są tak, że składowe o niższych częstotliwościach są kwantowane z mniejszym krokiem, a co za tym idzie z większą dokładnością. W uproszczeniu współczynniki przekształcane są wg wzoru $\text{round}\left(\frac{DCT[i,j]}{QUANT[i,j]}\right)$. Dla trybu interzaokrąglenie odbywa się poprzez zaokrąglenie tylko w dół (`floor` zamiast `round`). Współczynniki dla trybów inter- i intra- różnią się tym, że w macierz dla trybu inter- kwantowana jest bardziej równomiernie. W szczególnym przypadku – tak właśnie było w laboratoryjnym pliku `.cfg` – macierz ta jest zupełnie „płaska”. Jest to podyktowane specyfiką trybów kompresji. Kodowanie wewnątrzobrazowe zawsze zazwyczaj operuje na obrazach przybliżonych do naturalnego, zasadne w tym przypadku jest kodowanie z większą dokładnością współczynników DC i AC o niższych częstotliwościach. Natomiast międzyobrazowe operuje na obrazach będących zapisem predykcji – energia jest bardziej równomiernie rozłożona, a składowa stała mniejsza.

2.2 Analiza procesu kwantyzacji i odwrotnej kwantyzacji

Dany pseudokod realizujący rekonstrukcję współczynników DCT realizuje 3 podstawowe operacje wykonywane w odpowiednich przypadkach:

- współczynnika DC
- współczynników AC obrazów intra
- współczynników AC obrazów inter

Zastępując te części odpowiadającymi im operacjami kwantyzacji otrzymujemy następujący pseudokod:

```
for (v=0; v<8; v++)
{
  for (u=0; u<8; u++)
  {
    if ((u==0) && (v==0) && (macroblock_intra))
    {
      QF[v][u] = round(F[v][u]/intra_dc_mult);
    }
    else
    {
      if (macroblock_intra)
      {
        QF[v][u] = floor((32 * F[v][u]) / (2 * quantiser_scale * W[w][v][u]));
      }
      else
      {
        QF[v][u] = floor(((32 * F[v][u])+(Sign(F[v][u] * quantiser_scale * W[w][v][u])))
/ (2 * quantiser_scale * W[w][v][u]));
      }
    }
  }
}
```

2.3 Badanie efektywności kodowania przy zmianie zawartości tablic kwantyzacji

Sprawdzono kodowanie z tablicą oryginalną, **flat** oraz **sharp** dla sekwencji **flow.4cif**, **fun.4cif** oraz **mobile.4cif**. Wyniki zawarto w tabelach, odpowiednio przedstawiających PSNR dla luminancji [dB] oraz średnią przepływność strumienia obrazu przypadającą na jeden obraz [kbit/image]:

[dB]	mpeg2.cfg	flat.cfg	sharp.cfg
flow.4cif	33.78	33.98	31.16
fun.4cif	34.48	34.51	32.18
mobile.4cif	31.28	31.71	29.15

[kbit/im]	mpeg2.cfg	flat.cfg	sharp.cfg
flow.4cif	122.45	122.32	123.17
fun.4cif	121.97	122.75	122.18
mobile.4cif	121.84	124.14	126.19

Jak widać, co nie jest zaskoczeniem, macierze kwantyzacji mają wpływ na jakość obrazu. Im „mocniej” (z większym dzielnikiem) skwantowane są poszczególne składowe, tym mniej dokładnie jest odtwarzana informacja o ich pierwotnej wartości.

W związku z tym odpowiednio zmieniają się obiektywne miary jakości obrazu takie jak np. PSNR. Zmienia się też przepływność. Co prawda dająca wyraźnie lepsze od pozostałych wyniki jakościowe macierz **sharp** daje raczej wyższe przepływności, jednak jest to kwestia specyficzna dla danej sekwencji. Dla przykładu dla sekwencji **fun.4cif** macierz **sharp** daje poprawę przepływności w stosunku do **flat**, zaś w stosunku do oryginalnej macierzy powoduje minimalne pogorszenie – to wszystko przy poprawionym PSNR.

Pozwala to wyciągnąć wniosek, że manipulacje macierzami kwantyzacji i indywidualne dobieranie ich do sekwencji czy poszczególnych scen jest uzasadnione, ponieważ pozwala osiągnąć zysk zarówno w wymiarze jakościowym jak i w wymiarze stopnia kompresji. łatwo można sobie wyobrazić np. macierz stworzoną specjalnie do kompresji napisów końcowych filmu, które swoim charakterem bardzo znacząco różnią się od reszty sekwencji.

2.4 Badanie wpływu niedopasowania macierzy

Dekwantyzacja z użyciem nieodpowiedniej macierzy prowadzi do zniekształceń. Pojawiają się przebarwienia wynikające z niedokładności odtwarzania współczynników DCT w procesie dekwantyzacji. Powstałe przebarwienia są dwójakiej natury.

1. Ogólna zmiana postrzeganego koloru na skutek wypadkowego przesunięcia wszystkich współczynników.
2. Efekty blokowe spowodowane różnymi odchyleniami od właściwych wartości na przeciwległych krawędziach bloków

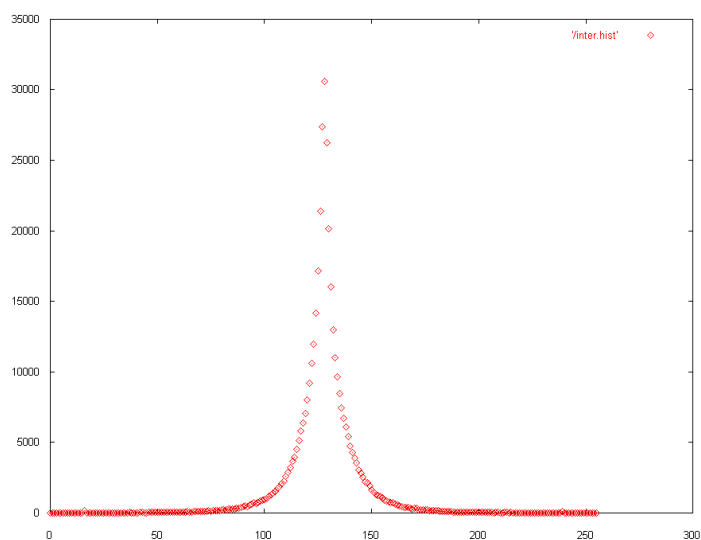
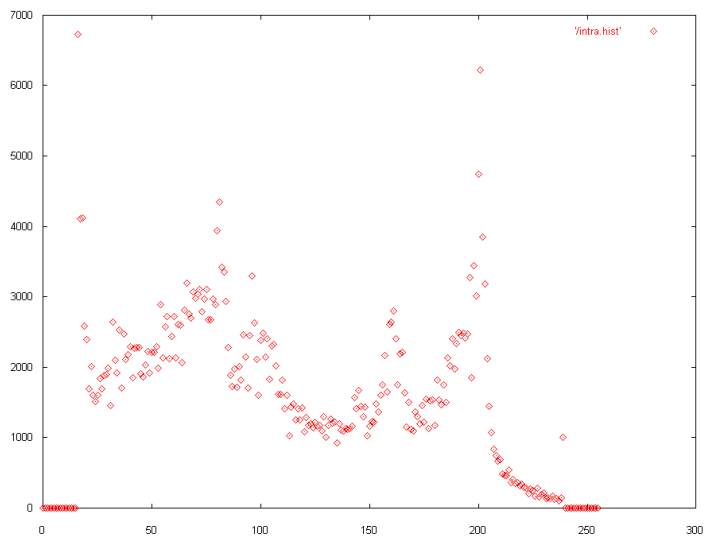
2.5 Podstawowy cel stosowania procesu odwrotnej kwantyzacji w dekodrze

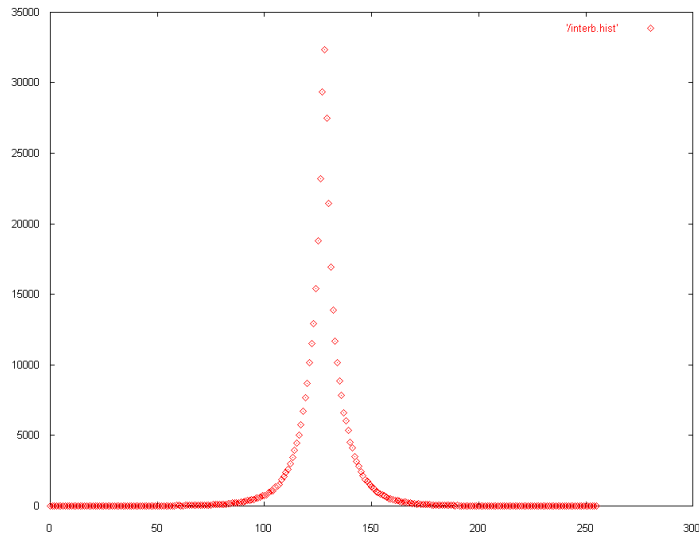
Odwrotna kwantyzacja przywraca wartości przeskalowane do pierwotnego zakresu (przed kwantyzacją). Odtworzone współczynniki nie są równe pierwotnym, ale ich wartości są zbliżone do oryginałów.

3 Część II

3.1 Właściwości statystyczne obrazu i błędu predykcji

Wykonano histogramy błędu predykcji odpowiednio dla kodowania wewnątrzobrazowego oraz dla obrazów kodowanych międzyobrazowo typu P oraz B. W tej kolejności przedstawione są poniższe wykresy:





Kształty histogramów są łatwe do wyjaśnienia. W obrazie kodowanym w trybie interbłąd predykcji jest równy wartości próbki obrazu – *de facto* jest to więc histogram obrazu, siłą rzeczy losowy. Natomiast histogramy rzeczywiście zachodzącej predykcji międzyobrazowej ilustrują rozkład Gaussa. Należy przy tym zauważyć, iż histogram dla obrazu typu B jest nieco „lepszy” – to znaczy ma wyższe maksimum w zerze, ostrzej opadające zbocza oraz mniej wartości w zakresie błędów większych niż 3σ (czego być może nie widać dokładnie na wykresach).

3.2 Rozkład współczynników DCT obrazu i błędu predykcji

Zgodnie z obserwacjami z poprzednich punktów: w obrazie typu I współczynniki DC i niskich częstotliwości mają wyraźnie większe wartości niż współczynniki wysokich częstotliwości. Oczywiście tam, gdzie występują zmiany w czasie, próbki DCT w obrazach typu P i B mają większe wartości, zaś wartość próbek trybu I jest zależna od średniej jasności obrazu w bloku (DC) oraz lokalnych zmian w przestrzennym otoczeniu (AC).

3.3 Macierze skanowania współczynników DCT

Macierz skanowania określa kolejność kodowania i zapisywania kolejnych wartości DCT. Założenie jest takie, że najpierw koduje się wartości, których prawdopodobieństwo, że będą po kwantyzacji większe od 0, jest największe.

Macierze STANDARD i ALTERNATE wydają się różnić priorytetem przyznawanym częstotliwościom pionowym lub poziomym.