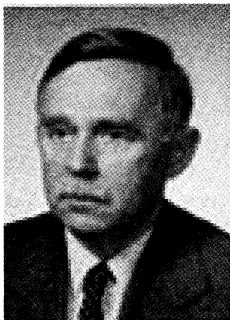


Adam SIELICKI, Wojciech ZAJĄC
 UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
 INSTYTUT INFORMATYKI I ELEKTRONIKI

Nowa koncepcja korekcji zakłóceń transmisji cyfrowych danych wizualnych z wykorzystaniem techniki maskowania błędów

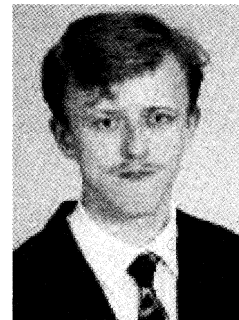
Prof. dr hab. inż. Adam Sielicki

Kierownik Zakładu Technik Informatycznych Instytutu Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Prowadzi badania w zakresie metod programowania, zastosowań algorytmów genetycznych oraz techniki systemów komputerowych.



Dr inż. Wojciech Zajac

Adiunkt Zakładzie Technik Komputerowych Instytutu Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zajmuje się technikami oraz systemami cyfrowego przetwarzania i transmisji obrazu, systemami cyfrowej telewizji satelitarnej oraz inżynierią systemów informacyjnych.



Streszczenie

Transmisja danych w postaci cyfrowej stosowana jest coraz częściej, głównie z powodu możliwości stosowania do ich pozyskania, przetworzenia, kodowania, korekcji itd. maszyn i układów cyfrowych oraz ich znacznej podatności na kompresję. Niestety dane w postaci cyfrowej są bardzo podatne na zakłócenia. Liczne techniki zwalczania zakłóceń transmisji dzielą się na dwie klasy: nadmiarowanie sygnału i maskowanie zakłóceń. W obu dziedzinach można wyróżnić szereg rozwiązań. W artykule przedstawiono oryginalną technikę hybrydowego maskowania błędów transmisji obrazu monochromatycznego, będącą wynikiem badań przeprowadzonych w Instytucie Informatyki i Elektroniki Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Abstract

Digital signal transmission shows itself to be an efficient and convenient form of communication. Unfortunately the data in a digital form are prone to transmission errors. Therefore some techniques have been introduced to minimize effect of such errors. There are two classes of such methods: adding some redundant data and error concealment. These two classes include numerous solutions. In the article a new method of concealment of image data transmission errors is proposed and discussed, which is a result of research project carried in the Institute of Computer Science and Electronics, University of Zielona Góra, Poland.

1. Wprowadzenie

Przetwarzanie i transmisja wizyjnych sygnałów cyfrowych jest obecnie szeroko wykorzystywana w wielu dziedzinach techniki. Sygnały takie można dosyć swobodnie przetwarzać, przekształcać i kompresować bezstratnie lub z założonym poziomem utraty jakości. Jednak dane cyfrowe, szczególnie poddane kompresji charakteryzuje zwiększona

podatność na uszkodzenia powstałe w procesie transmisji. Istnieje wiele technik zwalczania zakłóceń transmisji skompresowanego wizyjnego sygnału cyfrowego. Do szczególnie istotnych rozwiązań zalicza się techniki maskowania błędów, które posiadają liczne korzystne cechy, omówione w dalszej części pracy.

W przedstawionym opracowaniu prezentowana jest propozycja hybrydowej techniki maskowania błędów transmisji obrazu stałego, przetwarzanego z wykorzystaniem dyskretnej transformaty kosinusowej (ang. DCT).

2. Idea maskowania błędów transmisji

Techniki maskowania błędów (ang. error concealment) nie zwalczają błędów transmisji w bezpośrednim rozumieniu. Z założenia akceptuje się w nich obecność zakłóceń w odebranym sygnale, podejmując natomiast szereg czynności w celu ich wykrycia i całkowitej lub częściowej eliminacji. W ostatnich latach zagadnienie to jest przedmiotem szerokiego zainteresowania naukowców [2, 3, 4, 5].

Metody tego rodzaju są obecnie coraz chętniej stosowane, przede wszystkim ze względu na korzystne umiejscowienie w schemacie przetwarzania sygnału – operacjom poddaje się sygnał uzyskany po operacji dekodowania kanału, dzięki czemu możliwe są ulepszenia istniejących systemów transmisyjnych bez konieczności wymiany czy przebudowy urządzeń nadawczych, które zazwyczaj są najdroższym elementem systemu.

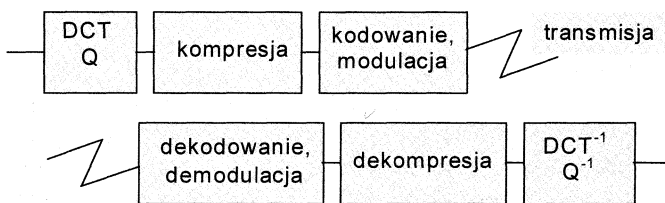
Kolejną ich zaletą jest brak konieczności realizacji kanału sprzężenia zwrotnego, dzięki czemu nadają się doskonale do stosowania w systemach czasu rzeczywistego oraz w archiwizacji i dystrybucji danych. Dzięki wspomnianemu położeniu w toku przetwarzania możliwa jest konstrukcja systemów m.in. do korekcji danych zarchiwizowanych w przeszłości, kiedy ze względu na brak możliwości technicznych lub nieodpowiedni poziom wiedzy nie było możliwe stosowanie metod ochrony danych przed przekłamaniami.

3. Klasyczny schemat systemu transmisji obrazu

W typowym schemacie transmisji cyfrowego obrazu można wyróżnić następujące elementy [1]:

- dekorelacja i kwantyzacja danych,
- kompresja,
- przygotowanie do transmisji, obejmujące kodowanie zwiększające odporność sygnału na błędy transmisji i modulację odpowiednią do zastosowanego medium transmisji,
- przesłanie z możliwością wystąpienia przekłamań,
- demodulacja i dekodowanie,
- dekompresja,
- przywrócenie pierwotnej postaci danych (z zadaną dokładnością), przez odwrotną kwantyzację i odwrotną transformację.

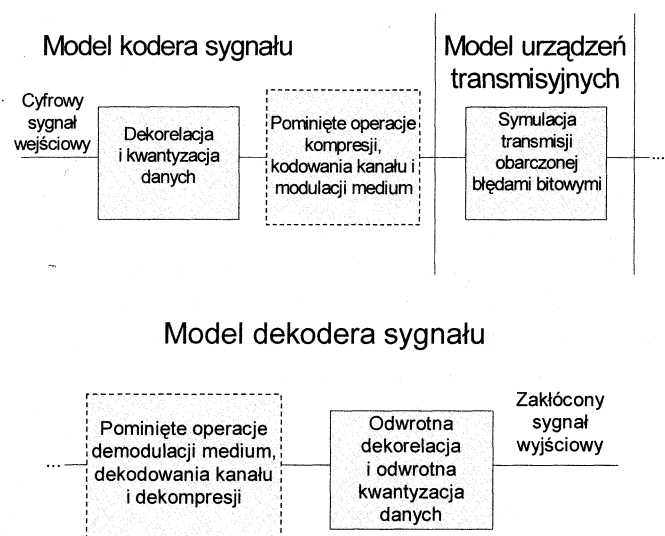
Rys. 1. prezentuje graficzną postać pełnego modelu procesu transmisji.



Rys. 1. Typowy schemat transmisji cyfrowego obrazu w rozbiciu na etapy

4. Ograniczenia rzeczywistego modelu systemu transmisyjnego

Opracowany na potrzeby badań uproszczony model systemu transmisyjnego zakłada pewne uproszczenia modelu rzeczywistego (Rys. 2.).



Rys. 2. Uproszczony model systemu transmisyjnego

Pominięto w nim etapy kompresji, kodowania kanału i modulacji medium transmisyjnego.

Jak wykazano w [6], błędy bitowe zakłócające sygnał w postaci skompresowanej, po odtworzeniu sygnału nadal zakłócają pojedyncze bity danych, lub też uszkadzają dane kluczowe dla procesu dekompresji. Drugi rodzaj błędów prowadzi do zakłóceń katastroficznych, o znacznie poważniejszym zasięgu niż błędy bitowe, nie nadających się do maskowania. Dlatego też pod uwagę wzięto zakłócenia bitowe, które przechodzą w sposób transparentny przez etap kompresji i dekompresji, stąd brak tych elementów w uproszczonym modelu systemu transmisyjnego.

Kolejnym pominiętym w przyjętym modelu etapem przetwarzania jest kodowanie kanału. Obejmuje ono zastosowanie kodowania korygującego błędy oraz przeplot danych i wprowadzenie słów synchronizacji. Ponieważ stosowanie wydajnych kodów korekcyjnych, pozwalających na eliminację powstałych zakłóceń powoduje znaczne zwiększenie ilości informacji, jaka musi być przesłana, dlatego też ich stosowanie w systemach czasu rzeczywistego, gdzie najczęściej znajduje zastosowanie technika maskowania błędów, jest mocno ograniczone bądź żadne, stąd kolejne uproszczenie modelu.

Etap modulacji medium transmisyjnego realizuje operacje przemian energetycznych sygnału w celu doprowadzenia sygnału do postaci, w której może on być przeniesiony przez kanał transmisyjny. Etap ten, podobnie jak odwrotna operacja demodulacji, z założenia nie wpływa na treść sygnału, realizując jedynie funkcję protokołu transmisyjnego.

5. Klasyczne algorytmy maskowania błędów transmisji

W przedstawionych na Rys. 1. i 2. schematach sygnał przedstawiany jest w dwóch postaciach: w reprezentacji przestrzennej (przed dekorelacją i po odwrotnej dekorelacji - jako zbiór bezpośrednich informacji o poziomie szarości kolejnych punktów obrazu) lub w reprezentacji częstotliwościowej (po dekorelacji i przed odwrotną dekorelacją - jako widmo sygnału przestrzennego).

Metody maskowania błędów aplikuje się albo w odniesieniu do sygnału wyjściowego, po odwrotnej dekorelacji (dane w postaci przestrzennej), albo przed dokonaniem odwrotnej dekorelacji, na danych w postaci widma.

W obecnie istniejących opracowaniach dotyczących maskowania błędów transmisji stosuje się następujące rozwiązania:

- do detekcji i korekcji błędów wykorzystywana jest technika analizy przestrzennej odtworzonego obrazu,
- do detekcji i korekcji błędów wykorzystuje się analizę częstotliwościową danych – wykrywa się nieprawidłowe wartości współczynników transformaty i podejmuje się akcję korekcyjną na tych współczynnikach,
- do detekcji wykorzystuje się analizę częstotliwościową, zaś korekcja odbywa się w dziedzinie przestrzennej,
- detekcja odbywa się w dziedzinie przestrzennej, zaś korekcja – w dziedzinie częstotliwościowej.

Brak opracowań na temat połączenia metod detekcji i korekcji prowadzonych w obu dziedzinach jednocześnie.

6. Hybrydowy algorytm maskowania błędów transmisji

Prezentowany hybrydowy algorytm detekcji i maskowania błędów, w odróżnieniu od istniejących rozwiązań, analizuje sygnał zarówno przed, jak i po odtworzeniu do postaci przestrzennej. Podobnie, w obu dziedzinach, realizowana jest operacja korekcji uszkodzonych danych.

Przedstawiony na Rys. 3. schemat algorytmu obejmuje pięć etapów przetwarzania. Pierwszym z nich jest filtracja dolnoprzepustowa widma sygnału.

Zastosowanie transformaty jako stopnia dekorelacji danych powoduje, że po pierwsze otrzymuje się dane o szacunkowym stopniu korelacji, dzięki czemu możliwa jest dobra ich kompresja, po drugie zaś liczba danych przeznaczonych do transmitowania zmniejsza się radykalnie. Właściwość ta wykorzystana została do zaprojektowania dolnoprzepustowego filtra wejściowego. Jego działanie opiera się na wynikach badań, pokazujących, że dane wysokiej częstotliwości (powyżej pewnego progu) są w poprawnie przetransmitowanym obrazie zerowe. Obecność niezerowej danej oznacza błąd transmisji, dlatego też wejściowe dane DCT poddane są wstępnej filtracji dolnoprzepustowej, w celu likwidacji możliwych przekłamań współczynników wysokiej częstotliwości.

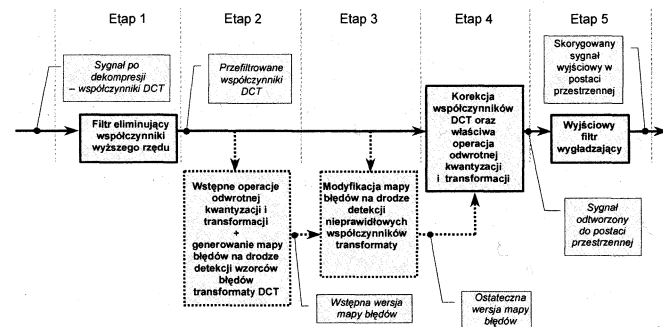
Drugi etap algorytmu realizuje detekcję zakłóceń wartości współczynników DCT (operacja na sygnale w postaci przestrzennej) na drodze detekcji tzw. wzorców błędów transformaty DCT (omówione szerzej m.in. w [5]). Dokonywane jest tu generowanie tzw. mapy błędów (macierzy określającej położenie domniemanych uszkodzeń współczynników DCT).

Trzeci etap algorytmu pobiera jako daną przygotowaną uprzednio mapę błędów oraz przefiltrowany uprzednio sygnał. Sygnał poddawany jest tu analizie wartości współczynników transformaty (operacja w dziedzinie widma), gdzie mapa błędów jest uzupełniana. Tak przygotowana mapa błędów oraz przefiltrowany sygnał wejściowy przesyłane są do czwartego stopnia algorytmu, modułu korekcji współczynników (operacja w dziedzinie widma), gdzie dokonuje się operacja odbudowania przybliżonych wartości uszkodzonych danych. Osiągana jest ona na drodze zastępowania współczynników transformaty uznanych za uszkodzone przez wartości uzyskane z uśrednienia wartości odpowiednich współczynników z sąsiednich bloków (tylko tych, które nie zostały uznane za błędne). W przypadku gdy wszystkie współczynniki potrzebne do obliczeń zostały uznane za uszkodzone, pod uwagę bierze się odpowiednie dane z dalszego sąsiedztwa. Jeśli zajdzie wysoce nieprawdopodobna sytuacja, że także dalsze sąsiedztwo bloku danych nie zawiera ani jednego poprawnego współczynnika o odpowiednim rzędzie, odbudowywany współczynnik jest zerowany.

Ostatnim krokiem algorytmu jest zastosowanie wyjściowego filtra wygładzającego (operacja w dziedzinie przestrzennej), zaprojektowanego tak, by usuwał błędy pochodzące od zakłócenia współczynnika DCT niosącego informację o składowej stałej sygnału (w sygnale niosącym dane obrazu składowa stała odpowiada za średni poziom luminancji bloku). Błędy tego rodzaju są generalnie trudne do

wykrycia, w szczególności zaś ich detekcja przed ostatecznym odtworzeniem obrazu do postaci przestrzennej jest często niemożliwa.

Opis teoretyczny funkcjonowania poszczególnych części algorytmu zamieszczono w [3,4,5].



Rys. 3. Schemat hybrydowego algorytmu maskowania błędów; linie ciągłe oznaczają przepływ sygnału właściwego, linie kropkowane – przepływ sygnału sterowania

7. Wyniki

Przeprowadzone badania eksperymentalne potwierdziły przewidywania, że zastosowanie hybrydowej techniki detekcyjno-korekcyjnej poprawia w znaczący sposób skuteczność procesu maskowania zakłóceń. Uzyskana poprawa jakości obrazu odtworzonego względem innych algorytmów (mierzona współczynnikiem PSNR) jest rzędu od 1.22dB do 8.86 dB, w zależności od poziomu zakłóceń wprowadzonych do sygnału.

Literatura

1. Jain A. K. (i in.) *Image data compression*. W: M. P. Ektrom (ed.) *Digital Image Processing Techniques*. Academic Press, London 1981.
2. Lam W. M., Reibman A. R.. *An Error Concealment Algorithm for Images Subject to Channel Errors*. W: *IEEE Transactions on image processing*, vol. 4, no 5, May 1995.
3. Zając W. *An Error Concealment Algorithm for Digital Image Transmission*. W: *Proceedings of XIV International Symposium on Computer and Information Sciences*, Kusadasi Turcja, October 1999.
4. Zając W., *A Hybrid Method of Error Elimination in Digital Image Transmission*, *Proceedings of the 5TH International Conference MIXDES'98*, Łódź 1998.
5. Zając W. *A hybrid error concealment algorithm for digital image transmission*. *Proceedings of The Second International Workshop on Multidimensional (nD) Systems. NDS-2000*. Zielona Góra: Technical University Press [2000], pp. 263-268.
6. Redmill D. W. *Image and Video for Noisy Channels*. Rozprawa doktorska, University of Cambridge, 1994.

Artykuł recenzowany.