

IV Выводы

Экспериментальные данные показывают, что плотность распределения битовых слов в шкале $[0, 1, \dots, 2^l - 1]$ не имеет особенностей по первым двум свойствам псевдослучайных последовательностей битовых слов. Поэтому использованная схема генерации с достаточным основанием может быть определена как генератор «серого шума». Качество шума может быть грубо оценено по опорной гистограмме. Основанием для этого является массовость данных численных экспериментов, не известная классической статистике.

Имеются достаточные основания для изменения схемы генерации.

Литература: 1. В. В. Мясоедов. *Золотое сечение в шифровании данных. В сб.: Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. - Науково-технічний збірник. - Випуск 4. - К.: НДЦ "Тезіс" НТУУ "КПІ". - 2002. - 214 с. - С. 105.* 2. В. Куценко, Т. Левченко, Н. Миронов, В. Мясоедов. *Основная проблема тестирования датчиков случайных чисел. - В сб.: Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні.-Науково-технічний збірник. - Випуск 5. - К.: НДЦ "Тезіс" НТУУ "КПІ". - 2002. - 213 с.- С.130-133.* 3. Дж. Бендат, А. Пирсол. *Прикладной анализ случайных процессов. - М.: «Мир». - 1989. - 540 с. - С. 86.*

УДК 621.372:621.391

КОДУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ПОКОМПОНЕНТНИМ МЕТОДОМ

Володимир Майданюк, Юрій Бондар

Вінницький національний технічний університет

Анотація: Розглядаються питання ущільнення зображень на основі покомпонентного кодування. Наведені результати досліджень залежності коефіцієнта ущільнення від характеристик фільтрів для формування компонент зображення.

Summary: The questions of images compression based on components coding are considered in this work. Results of researches the dependences of compression factor from filters characteristics for formation images components are given.

Ключові слова: Адаптивний, декодування, зображення, кодування, стеганографія, ущільнення.

I Вступ

Одним із способів підвищення ефективності стеганографічних методів приховування інформації є застосування перетворень, характерних для ущільнення зображень. Особливо це відноситься до представлення та форматування цифрових водяних знаків, які знаходять все більш широке застосування при маркуванні мультимедійної інформації [1, 2].

Серед відомих методів ущільнення зображень з просторовою обробкою заслуговує на увагу метод покомпонентного кодування, відомий також як адаптивний до контурів двовимірний аналіз і синтез. Особливістю покомпонентного кодування є формування декількох двовимірних сигналів, які несуть інформацію про деталі зображення різних розмірів [3].

Відомі реалізації алгоритмів кодування на основі даного методу характеризуються малими обчислювальними затратами, оскільки використовують лінійні методи формування просторових компонент зображення при їх аналізі апертурами з розмірами 2×2 , 4×4 , 8×8 [4, 5]. Передаточні функції фільтрів для формування низькочастотних просторових компонент зображення в цьому випадку такі:

$$H_1(Z_1, Z_2) = \frac{1}{4} \sum_{k_1=0}^1 \sum_{k_2=0}^1 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (1)$$

$$H_2(Z_1, Z_2) = \frac{1}{16} \sum_{k_1=0}^3 \sum_{k_2=0}^3 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (2)$$

$$H_3(Z_1, Z_2) = \frac{1}{64} \sum_{k_1=0}^7 \sum_{k_2=0}^7 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (3)$$

де Z_1^{-1} , Z_2^{-1} – трансформоване представлення затримки на рядок зображення та такт дискретизації

відповідно. Після перетворень вирази (1) – (3) можна представити в такій формі:

$$H_1(Z_1, Z_2) = \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \quad (4)$$

$$H_2(Z_1, Z_2) = \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-2})(1 + Z_2^{-2}) \right] \quad (5)$$

$$H_3(Z_1, Z_2) = \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-2})(1 + Z_2^{-2}) \right] \left[\frac{1}{4} (1 + Z_1^{-4})(1 + Z_2^{-4}) \right] \quad (6)$$

З виразу (6) видно, що для формування згладжених компонент для різних розмірів аналізуючих апертур можна використовувати відповідні відводи згладжувального фільтра з найбільшою аналізуючою апертурою.

Реакції смугових фільтрів формуються як різниці реакцій згладжувальних фільтрів таким чином:

$$\begin{aligned} H'_3(Z_1, Z_2) &= H_2(Z_1, Z_2) - H_3(Z_1, Z_2) \\ H'_2(Z_1, Z_2) &= H_1(Z_1, Z_2) - H_2(Z_1, Z_2) \\ H'_1(Z_1, Z_2) &= H_0(Z_1, Z_2) - H_1(Z_1, Z_2) \end{aligned} \quad (7)$$

В канал зв'язку або файл після дискретизації і квантування передаються відліки компонент з виходів фільтрів з передаточними функціями згідно з виразами (6) і (7).

Таким чином, формування компонент зображення зводиться фактично до каскадного з'єднання одновимірних фільтрів з елементами затримки на такт, два такти, чотири такти дискретизації і на один, два і чотири рядки зображення. Операції ділення при виконанні обчислень можуть бути замінені операціями зсуву.

Недоліком такого підходу є недостатня точність амплітудно-частотних характеристик фільтрів, що призводить до необхідності збільшення кількості рівнів квантування в різницевих компонентах і відповідно до зменшення коефіцієнта стиснення.

Однак, враховуючи зростання швидкодії і ступеня інтеграції елементної бази, представляють інтерес і інші методи формування частотних компонент зображення.

Метою даної статті є дослідження залежності коефіцієнта ущільнення при покомпонентному кодуванні від характеристик фільтрів для формування компонент зображення.

II Формування компонент зображення нерекурсивними симетричними фільтрами

Для досягнення необхідної точності аналізу і синтезу зображень необхідно забезпечити точне примикання смуг пропускання двовимірних фільтрів. З цієї точки зору застосування симетричних фільтрів має свої переваги, оскільки область передбачення таких фільтрів відповідає некаузальній моделі, а зображення, як відомо, за своєю природою є некаузальними [6].

Нерекурсивний фільтр з симетричними коефіцієнтами визначається так [7]:

$$y(n) = \sum_{k_1=-N}^N a_k x(n-k). \quad (8)$$

Коефіцієнти такого фільтра визначаються таким чином:

$$a_k = a_{-k} = \frac{\Omega_g \sin k\Omega_g}{\pi k\Omega_g}, \quad \Omega_g = 2\pi \frac{f_g}{f_a}, \quad (9)$$

де f_g – гранична частота фільтра, f_a – частота дискретизації.

Нехай $f_g = W/8$ і $f_a = 2W$, де W – смуга частот сигналу. Тоді маємо:

$$a_0^8 = \frac{1}{8}, \quad a_k^8 = a_{-k}^8 = \frac{\sin(k\pi/8)}{k\pi}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (10)$$

Для $f_g = W/4$ і $f_a = W/2$ коефіцієнти визначаються так:

$$a_0^4 = \frac{1}{4}, \quad a_k^4 = a_{-k}^4 = \frac{\sin(k\pi/4)}{k\pi}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (11)$$

$$a_0^2 = \frac{1}{2}, \quad a_k^2 = a_{-k}^2 = \frac{\sin(k\pi/2)}{k\pi}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (12)$$

Для кращого наближення порядок фільтрів вибираємо такий:

- $N=15$ – для фільтру з $f_g = W/8$;
- $N=7$ – для фільтру з $f_g = W/4$;
- $N=3$ – для фільтру з $f_g = W/2$.

Різницеві рівняння для цих фільтрів такі ($k \neq 0$):

$$y_8(n) = \frac{1}{8}x(n) + \sum_{k=-15}^{k=15} \frac{\sin(|k|\pi/8)}{|k|\pi}x(n-k) \quad (13)$$

$$y_4(n) = \frac{1}{4}x(n) + \sum_{k=-7}^{k=7} \frac{\sin(|k|\pi/4)}{|k|\pi}x(n-k) \quad (14)$$

$$y_2(n) = \frac{1}{2}x(n) + \sum_{k=-3}^{k=3} \frac{\sin(|k|\pi/2)}{|k|\pi}x(n-k) \quad (15)$$

Порівняємо амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) фільтрів, що визначаються рівняннями (13) – (15) з амплітудно-частотними характеристиками фільтрів за рівняннями (1) – (3) на прикладі фільтру за рівнянням (6) і фільтру за рівнянням (13). Ці фільтри призначені для виділення спектру сигналу в діапазоні $0-W/8$.

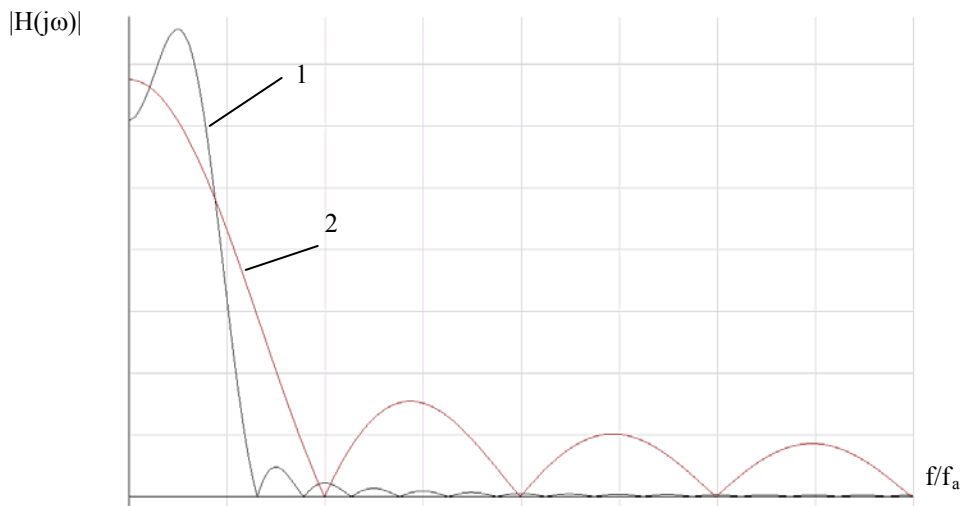
Розглянемо одновимірний випадок. Амплітудно-частотна характеристики фільтру за рівнянням (6) така (рис. 1):

$$H(j\omega) = \frac{\sqrt{2}}{4} \sqrt{(1 + \cos \omega T_a)(1 + \cos 2\omega T_a)(1 + \cos 4\omega T_a)} \quad (16)$$

А для фільтру за рівнянням (13) АЧХ така (рис. 1):

$$H(j\omega) = \left| \frac{1}{8} + 2 \sum_{k=1}^{k=15} \frac{\sin(k\pi/8)}{k\pi} \cos(k\omega T_a) \right| \quad (17)$$

Амплітуда пульсацій АЧХ за рівнянням (17) в області запирання на порядок менша в порівнянні з АЧХ згідно з виразом (16), перехід із зони пропускання в зону запирання також відбувається крутіше в порівнянні з АЧХ згідно з виразом (16), що забезпечує більш точне примикання смуг пропускання фільтрів для формування компонент зображення.



**Рисунок 1 - Амплітудно-частотні характеристики фільтрів;
1 – нерекурсивний симетричний фільтр, 2 – згладжувальний лінійний**

Оскільки сигнал зображення двовимірний, то необхідно виконати фільтрацію зображення спочатку в одному, а потім в іншому напрямку з використанням виразів (13) – (15). Подальший порядок ущільнення аналогічний наведеному в вище. Однак, нерекурсивні фільтри з симетричними коефіцієнтами більш точно апроксимують ідеальні характеристики фільтрів низької частоти, що дає надію очікувати збільшення коефіцієнту ущільнення і покращення якості синтезованого зображення.

III Алгоритм кодування зображень та його експериментальні дослідження

Процес кодування включає наступні етапи:

1. перетворення зображення в оптимальний колірний простір (тільки для кольорових зображень);
2. субдискретизація компонент кольоровості усередненням груп пікселів (тільки для кольорових зображень);
3. формування двовимірних низькочастотних компонент зображення (компоненти яскравість/кольоровість можуть оброблятися окремо) з $f_g = W/8$, $f_g = W/4$, $f_g = W/2$ - Y_8 , Y_4 , Y_2 ;
4. формування відліків різницевої компонент зображення:

$$\Delta Y_4 = Y_4 - Y_8$$

$$\Delta Y_2 = Y_2 - Y_4$$

$$\Delta Y_0 = Y_0 - Y_2,$$

де Y_8 , Y_4 , Y_2 - низькочастотні компоненти зображення; Y_0 - початкове зображення;

5. дискретизація і квантування компонент Y_8 і різницевої компонент ΔY_4 , ΔY_2 , ΔY_0 ;
6. кодування відліків високочастотних і низькочастотних компонент зображення методами статистичного кодування (наприклад, кодування Хаффмана).

Схема декодування простіша і відповідно процес відновлення зображення швидший за процес кодування і включає такі етапи:

1. статистичне декодування;
2. відновлення відліків компоненти Y_8 методами лінійної інтерполяції, так щоб їх кількість відповідала кількості відліків компоненти ΔY_4 ;
3. формування компоненти Y_4 :

$$Y_4 = Y_8 + \Delta Y_4;$$

4. відновлення відліків компоненти Y_4 методами лінійної інтерполяції, так щоб їх кількість відповідала кількості відліків компоненти ΔY_2 ;
5. формування компоненти Y_2 :

$$Y_2 = Y_4 + \Delta Y_2;$$

6. відновлення відліків компоненти Y_2 методами лінійної інтерполяції, так щоб їх кількість відповідала кількості відліків компоненти ΔY_0 ;

7. формування відновленого зображення:

$$Y_0 = Y_2 + \Delta Y_0.$$

При проведенні експериментальних досліджень використовувався комп'ютер з процесором Celeron 700. Вхідне зображення представлено у форматі TrueBMP (True Color Bit Map Picture).

Якість відновленого зображення оцінювалась методом експертних оцінок відповідно до 654 рекомендації МККР. Виконувався також розрахунок середньоквадратичного відхилення (СКВ) відповідно до виразу:

$$\sigma = \frac{1}{M * N} \sqrt{(X(m_1, m_2) - \bar{X}(m_1, m_2))^2}, \quad (18)$$

де $X(m_1, m_2)$ - значення відліку початкового зображення, а $\bar{X}(m_1, m_2)$ - значення відліку відновленого зображення.

Проводились порівняльні дослідження залежності коефіцієнту ущільнення та якості відновленого зображення від характеристик низькочастотних фільтрів для формування компонент зображення, а саме:

- для формування компонент застосовувались лінійні згладжувальні фільтри;
- для формування компонент застосовувались не рекурсивні фільтри з симетричними коефіцієнтами.

Результати роботи алгоритму для файлу LENA.BMP представлені в табл. 1, а також на рис. 2 - 5, причому, квантування різницевої компонент в обох випадках виконувалось аналогічно.

Аналіз приведених результатів показує, що не рекурсивні фільтри з симетричними коефіцієнтами забезпечують вищий коефіцієнт ущільнення і кращу візуальну якість відновленого зображення. Низка експериментів з різними типами зображень показала, що коефіцієнти ущільнення можуть знаходитися в

межах 10 – 30, що краще чим при використанні лінійних згладжувальних фільтрів для формування відліків низькочастотних компонент. Для деяких зображень коефіцієнт ущільнення перевершує стандарт JPEG при тій же якості зображення.

Таблиця 1 - Експериментальні дані по файлу LENA.BMP

Метод формування низькочастотних компонент	Розмір початкового файлу	Розмір стиснутого файлу	Коефіцієнт ущільнення	Середньо-квадратична помилка	Візуальна оцінка якості
Лінійний згладжувальний фільтр	192 054	17663	10,87	2	Задовільна
Нерекурсивний фільтр з симетричними коефіцієнтами	192054	13961	13,76	1	Добра

Рисунок 2 – Низькочастотна компонента зображення з $f_g=W/8$ Рисунок 3 – Низькочастотна компонента зображення з $f_g=W/4$ Рисунок 4 – Низькочастотна компонента зображення з $f_g=W/2$ 

Рисунок 5 – Відновлене після кодування зображення

IV Висновки

1. Застосування не рекурсивних фільтрів з симетричними коефіцієнтами для формування низькочастотних компонент при покомпонентному кодуванні дозволяє поліпшити якість відновленого зображення і підвищити коефіцієнт ущільнення в порівнянні зі згладжувальними фільтрами з наближенням за лінійним законом.
2. Більш точний синтез фільтрів для формування двовимірних компонент зображення дозволить дослідити особливості зорового сприйняття спотворень в різних діапазонах частотного спектру, що дасть можливість підвищити коефіцієнт ущільнення за рахунок втрат інформації.

Література: 1. Мартыненко С. В., Шелест М. Е. Классификация стеганометодов визуальной среды//Науково-технічний журнал "Захист інформації". – 2001. - № 4. – С. 4-11. 2. Хорошко В. О., Азаров О. Д., Шелест М. Е., Яремчук Ю. Є. Основи комп'ютерної стеганографії. – Вінниця: ВДТУ, 2003. 143 с. 3. Брауде-Золотарем Ю. М. Исследование возможностей сокращения объема телевизионного сигнала за счет использования свойств зрения: Автореф. дис. канд. тех. наук. – М., 1960. – 15 с. 4. Майданюк В. П. Разработка алгоритмов и аппаратных средств систем сжатия телевизионных изображений: Автореф. канд. тех. наук. – Винница, 1993. – 22 с. 5. Майданюк В. П. и др. Кодирование изображений в компьютерных системах обработки информации. – К., 1996. – 16 с. – Деп. В Укр ІНТЕІ 16.11.98, № 144 – Уі96. 6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с. 7. Бабак В. П. та ін. Обробка сигналів / В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шрюфер – К: Либідь, 1996. – 392 с.

УДК 004. 43(031)

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ И БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Анна Страшна, Иван Четвериков
ВИТИ НТУУ «КПИ»

Аннотация: Рассмотрен механизм автоматического скрывания дефектных секторов накопителей на жестких магнитных дисках в процессе их эксплуатации, создающий дополнительную угрозу безопасности современных информационных систем.

Summary: In this article was examined mechanism of automatic latency of damage sectors of modern Hard Disk Drive during exploitation, which making additional that to safety in information system.

Ключевые слова: Накопитель на жестких магнитных дисках, скрывание дефектов, информационные системы, безопасность.

I Введение

История развития и совершенствования технических средств передачи, обработки и хранения информации показывает, что внедрение технических усовершенствований часто сопровождается появлением новых каналов утечки информации и, как следствие – возникновением новых угроз безопасности информации. В настоящее время огромное внимание уделяется теоретическим и практическим аспектам защиты информации в каналах передачи цифровых данных на основе новых сетевых технологий и телекоммуникаций, уязвимость которых вполне очевидна. Вместе с тем не следует забывать и о возможности появления новых угроз безопасности информации в процессе совершенствования даже тех элементов информационно-вычислительных систем, которые напрямую никак не связаны с каналами передачи информации.

II Основная часть

Одним из элементов, который широко используется в современных информационно-вычислительных системах, основанных на использовании персональных компьютеров, рабочих станций, информационных серверов и т. д., являются накопители данных на жестких магнитных дисках (винчестеры). Ведущая роль этих устройств в качестве основных элементов внешней памяти в современных информационно-вычислительных системах объясняется уникальным сочетанием их технико-экономических показателей, основными из которых являются [1]:

- емкость, определяющая количество (объем) хранимой информации;
- быстродействие, которое в значительной мере определяет производительность вычислительных систем в целом;
- стоимость хранения единицы информации.

Емкость современных серийно выпускаемых накопителей уже достигла значений в сотни Гигабайт и имеет устойчивую тенденцию к ежегодному удвоению [2]. Среднее время доступа к данным составляет единицы миллисекунд, а скорость передачи информации – десятки Мегабайт в секунду, что в основном удовлетворяет современные потребности обработки данных. Стоимость хранения единицы информации на винчестерах является самой низкой по отношению к возможным альтернативным способам хранения больших объемов информации.