

ФРАКТАЛЬНИЙ СТИСК ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПІРАМІДАЛЬНО-РЕКУРСИВНИХ СТРУКТУР

Ю.В. Стасєв, Є.О. Бридня, Н.Ю. Любченко
(Харківський університет Повітряних Сил)

Доведена можливість удосконалення фрактальних методів стиску природних відеозображень за рахунок використання пірамідално-рекурсивних структур.

фрактальний метод стиску, природне відео зображення, пірамідално-рекурсивна структура

Вступ. Фрактальні методи стиску використовуються сьогодні при обробці природних відеозображень з частковою втратою якості, якщо головним критерієм є величина коефіцієнта стиску, тому що у багатьох випадках вони дають найкращі результати [1 – 2]. Але фрактальні методи мають істотний недолік – великий час кодування, і у більшості випадків програють іншим методам стиску за сумарним часом кодування-декодування інформації [3]. Тому у багатьох роботах розглядаються підходи, пов'язані із розробкою нових або удосконаленням існуючих фрактальних методів стиску, у яких даний показник зменшується в порівнянні з існуючими: зменшення часу компресії [4] або декомпресії [5], покриття атрактору [6], побудова оптимальних рекурсивних структур зображення відеоданих [7] тощо.

Метою даної статті є розробка такого фрактального методу, який за допомогою пірамідално-рекурсивних структур дозволяє зменшити час компресії та декомпресії при фрактальному стиску в порівнянні з існуючими методами [4, 5, 7, 10] та використати на початкових ітераціях розбиття атрактору, запропоноване в [6].

1. Рекурсивне представлення. Запропонований метод полягає в представленні зображення пірамідално-рекурсивною структурою (або бінарним деревом), у якій кожен вузол, відповідає прямокутній частині зображення і містить 2 підвузли, а коренем дерева є початкове зображення I^2 . Зображення кодується з використанням двох основних кроків: рекурсивне представлення та підбір домена з метою подальшого оптимального перетворення. На етапі рекурсивного представлення зображення поділяється на прямокутні, що не накладаються один на одний, діапазони: $\cup R_i = I^2$ і $R_i \cap R_j = 0$, $i \neq j$. При цьому очевидною перевагою над іншими підходами є зменшення варіацій чіткості від рівня до рівня.

Якщо у випадку тетрарного дерева, запропонованого у [8], дозволяючи здатність при кожному переході збільшується учетверо, то бінарне дерево приводить лише до її подвоєння. Оскільки в обох випадках загальний обсяг даних залишається тим самим, бінарне дерево дозволяє швидше і точніше представити зображення.

На першому етапі ціле зображення визначається як один потенційний діапазон. Цей діапазон поділяється на два прямокутники, кожний з яких є новим потенційним діапазоном. Для того, щоб представити зображення у виді прямокутних діапазонів, для кожного поділеного діапазону розраховується середнє значення пікселів для кожного рядка і стовпця. Ці усереднені значення потім використовуються для розрахунку послідовних відхилень між середніми значеннями. Потім лінійна функція зсуву застосовується до кожного відхилення. Отже, якщо діапазон містить значення піксела r_{ij} для $0 \leq i \leq N$ і $0 \leq j \leq M$, то суми по горизонталі і по вертикалі $\sum_{i=0}^N r_{i,j}$ і $\sum_{i=0}^M r_{i,j}$ обчислюються, віднімаються і збільшуються відповідно на наступні зсуви: $\min(j, M - j - 1)/(M - 1)$; $\min(i, N - i - 1)/(N - 1)$.

Це дає зміщені розходження по горизонталі

$$h_j = \frac{\min(j, M - j - 1)}{M - 1} \left(\sum_{i=0}^M r_{i,j} - \sum_{i=0}^M r_{i,j+1} \right) \quad (1)$$

і по вертикалі

$$v_j = \frac{\min(i, N - i - 1)}{N - 1} \left(\sum_{j=0}^N r_{i,j} - \sum_{j=0}^N r_{i+1,j} \right). \quad (2)$$

Перший розподіл встановлюється в точці максимального значення по горизонталі або вертикалі, отже, величини j та i підбираються так, що модулі зміщених горизонтальних і вертикальних розходжень $|h_j|$ і $|v_i|$ були б максимальні. Остаточний вибір розподілу (у горизонтальній позиції j або у вертикальній позиції i), здійснюється за максимальним модулем розходження. У результаті в розглянутій області побудовано два прямокутники, що поділяють даний діапазон строго вертикальними або горизонтальними лініями.

Кожній вершині привласнимо відповідний номер, тоді вершину можна ідентифікувати за цим номером. Орієнтація і позиція поділи вибираються так, що одержувані діапазони мають властивість самоподоби. Це полегшує зіставлення діапазонів і доменів.

2. Підбір доменів. Якщо рекурсивна бінарна розбивка зроблена, то шукається домен для найбільшого з наявних до дійсного часу непокритого діапазону. Обраний домен має сторони, що більше сторін діапазону в N і M раз (відповідно, по горизонталі і вертикалі). Стискаюче афінне перетворення ідображає домен до діапазону, усереднюючи групи $2n \times 2n$ пікселів до одної.

Після перетворення контрасту і яскравості кожний з отриманих доменів порівнюється з діапазоном. При мінімальному розходженні в середньоквадратичному змісті (за СКВ) домен вважається відображенням розглянутого діапазону. У протилежному випадку діапазон поділяється на два нових прямокутники. Розбивка продовжується поки не буде досягнутий заданий рівень СКВ або поки діапазони не досягнуть визначеного розміру.

У запропонованому підході використовується наступна класифікація діапазонів і йоменів. Прямокутна частина зображення (діапазон або домен) поділяється на чотири частини, і в кожній частині значення пікселів усереднюються. Потім квадранти ранжуються у порядку величини, від самого яскравого до самого темного. На кожному квадранті обчислюємо значення, пропорційні середньому значенню яскравості і контрастності. Якщо значення пікселів у i -му квадраті дорівнюють r_1^i, \dots, r_n^i , то для $i = \overline{1,4}$ обчислюємо:

$$A_i = \sum_{j=1}^n r_j^i ; \quad V_i = \sum_{j=1}^n (r_j^i)^2 - A_i^2 .$$

Далі порівнюються тільки ті області і діапазони, що входять у ту ж канонічну групу, і тільки із симетричними операціями (обертання і перестановка), що фіксують або інвертують ранжування квадрантів. Домен обертається так, що самий яскравий квадрант відображається в самому яскравому квадраті діапазону, другі самі яскраві частини доменів відображаються в другому самому яскравому квадранті діапазону і т.д. Якщо цього не відбувається, то область не порівнюється з діапазоном. До того ж після інвертування можна порівняти домени і діапазони в зворотній послідовності.

Завжди вибирається найбільший доступний діапазон для порівняння з доменами. Потім можлива розбивка на два нових діапазони. Таким чином, діапазони відображаються в порядку зменшення.

Для зменшення кількості порівнянь обмежимося декількома фіксованими значеннями коефіцієнтів N і M : 2×2 , 3×3 , 3×2 і 2×3 . Однак велика кількість таких значень збільшує час пошуку, хоча і поліпшує якість, тобто у результаті обмеження коефіцієнтів одержуємо більш швидке кодування, але з гіршою якістю відновленого відеозображення.

Помітимо, що позиція діапазону зберігається неявно. Вона визначена рекурсивним типом розбивки, горизонтальним або вертикальним, його позицією і зсувом від верхньої або лівої сторони. Це вимагає менше біт для збереження. Значення різностей контрастності і яскравості діапазонів і доменів квантуються і кодуються за Хаффманом [9].

Позиція домену визначається індексом у списку всіх можливих образних доменів. Якщо протягом кодування використовувалося більш ніж одне співвідношення домен-діапазон (пари N, M), то співвідношення конкретної пари домен-діапазон зазначено неявно як доменний індекс. Наприклад, якщо розмір діапазону і розмір зображення були такими, що зображення могло б зробити 100 доменів розміром у 2 рази більшими, ніж діапазон, і індекс домену був 101, то домен повинний бути першим із трьох інших можливих відповідностей зі співвідношенням домен-діапазон.

Висновок. Запропонований метод фрактального стиску природного відеозображення з використанням пірамідально-рекурсивних структур дозволяє зменшити час компресії за рахунок рекурсивного представлення та підбору доменів з метою формування оптимального перетворення. Подальшим напрямком досліджень є побудова алгоритму реалізації цього методу, який повинен проводити як кодування, так і декодування відеозображення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ramamurthi B., Gersho A. *Classified vector quantization of image* // *IEEE Trans. Comm.* – 1986. – COM-34. – P. 1105 – 1115.
2. *Fractal image compression* / Editor Y. Fisher. – Springer-Verlag, 1995. – 341 p.
3. Ансон Л., Барнсли М. *Фрактальное сжатие изображений* // *Мир ПК.* – 1992. – № 4. – С. 23 – 27.
4. Кучук Г.А. *Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах* // *Системы обработки информации.* – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 3. – С. 91 – 99.
5. Кучук Г.А. *Оцінка втрат у системах з обмеженим очікуванням* // *Системы обработки информации.* – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 4. – С. 133 – 137.
6. Стасев Ю.В., Бридня Є.О., Любченко Н.Ю. *Метод блокового покриття аттрактору при використанні фрактальних методів стиску* // *Системы обработки информации.* – X.: ХУПС. – 2005. – Вып. 3 (43). – С. 215 – 218.
7. Кучук Г.А. *Моделирование трафика изолированного пульсирующего источника* // *Системы обработки информации.* – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 1. – С. 168 – 173.
8. Павлидис Т. *Алгоритмы машинной графики и обработки изображений.* – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
9. Мاستрюков Д. *Алгоритмы сжатия информации. Часть 1. Сжатие по Хафф-ману* // *Монитор.* – 1993. – №7. – С. 25 – 30.
10. Кучук Г.А. *Побудова черги при самоподібному трафіку* // *Системы обработки информации.* – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 6. – С. 134 – 137.

Надійшла 18.04.2005

Рецензент: доктор технічних наук професор В.А. Краснобаєв,
Харківський університет Повітряних Сил.