

УДК 004.932.2:519.652

В.В. Мороз, О.С. Чубач

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса

КВАТЕРНІОННО-ВЕЙВЛЕТНА КОМПЕНСАЦІЯ РУХУ

Пропонується кватерніонно-вейвлетна модель кадру для оцінки та компенсації руху. За рахунок обчислення фазових зрушень кватерніонно-вейвлетного перетворення розраховуються лінійні зрушення між сусідніми кадрами. Низька обчислювальна складність даного методу та візуальна якість результатів показує можливість його практичного застосування для часової інтерполяції відео.

Ключові слова: компенсація руху, блочна декомпозиція, кватерніонно-вейвлетне перетворення, сегментація.

Постановка проблеми

Більшість сучасних технологій, що використовують обробку відеосигналів, постають перед проблемою перетворення частоти кадрів або просторово-часовою інтерполяцією [1]. Дана проблема виникає при передачі та збереженні відеоданих і зачіпає дискретизацію кадрів (зображень) не тільки в просторі, але і в часі. Тому роздільна здатність кадрів в просторі і в часі не співпадає на вході та виході системи передачі. Зміна частоти кадрів (часова децимація/інтерполяція) виконується також при переході від одного стандарту відео до іншого (PAL/SECAM та NTSC), при відновленні кадрів, що були зіпсовані під час неякісної передачі. Тому необхідно відновлювати інформацію в пропущених/зіпсованих кадрах ґрунтуючись на інформації, що є в сусідніх кадрах, тобто необхідно їх передбачити. Основою методів стиску відео та часової інтерполяції є оцінка та компенсація руху (КР). Удосконалення та розробка нових методів КР дозволить покращити візуальну якість сприйняття відео в системах передачі.

Методи оцінки та компенсації руху

Методи оцінки та КР розрізняються за наступними критеріями:

- терміни сутностей КР (об'єкти, блоки або фіксованого розміру, або з підрозбиттям, пікселі або цілий кадр);
- клас пошуку руху (клас паралельних зрушень з обмеженим максимальним зсувом, який може бути розширений операціями повороту і масштабування, з точністю 1 піксель, 0,5 пікселя, 0,25 пікселя і т.д.);
- міра прийняття потрібного руху (сума абсолютних різниць, сума квадратів різниць та інші).

Найбільш поширеними є методи на основі піксельного і блочного підходу. Піксельна оцінка руху реалізується призначенням вектора руху кожному пікселю зображення [1]. Такий підхід також застосовується в методах оптичного потоку, які передбачають постійність інтенсивності пікселя після його переміщення. Але вони мають велику обчислювальну складність і тому вимагають значного доопрацювання.

Клас методів на основі блоків [2] є логічним наслідком попереднього, усуває більшу частину його недоліків, одиницею компенсації в ньому прийнято квадрат 16×16 пікселів або меншого розміру. Рух визначається у класі лінійних зміщень, тому описується такий рух двовимірним вектором зміщення для кожного блоку. Основне припущення методу – за час, що проходить між двома послідовними кадрами, об'єкти в сцені і їх розташування змінюються незначно. Тоді в околиці будь-якої точки кадру цю зміну з досить високим ступенем точності можна наблизити паралельним перенесенням цієї околиці на деякий вектор.

Переважаюча більшість звичайних відео послідовностей задовольняють цьому обмеженню, за винятком ділянок різкої зміни сцени, тобто характер руху об'єктів можна вважати майже всюди безперервним. В якості функції помилки компенсації найчастіше використовується міра суми абсолютних різниць для скомпенсованого блоку, так як її обчислення простіше реалізується на більшості архітектур процесорів. Різні модифікації цього підходу розрізняються методами знаходження мінімуму функції помилки КР [3].

Найкращої якості наближення, тобто мінімальної помилки компенсації, може гарантувати повний перебір всіх можливих значень векторів зміщення в допустимій області з підрахунком помилки компенсації для них і вибір того вектора, на якому досягається мінімум помилки [4]. Цей підхід є еталонним і порівняння з ним є невід'ємною частиною будь-якої роботи, присвяченій розробці нового алгоритму компенсації руху. Однак його практичне застосування неможливе через занадто велику обчислювальну складність.

Об'єктний метод КР

При блочному підході компенсація для кожного блоку проводиться незалежно від сусідніх, хоча результат компенсації для них може і враховувати вектори руху інших кандидатів. У той же час у більшості випадків бажано, щоб для всіх блоків об'єкту, що складається з декількох блоків, компенсація давала один і той же результат (принаймні, поле векторів над одним об'єктом повинно бути досить гладким і не містити випадкових викидів). Цього можна досягти,

наприклад, приписавши кожному блоку номер об'єкта, до якого він відноситься, і оцінювати для кожного тестового вектора сумарну помилку компенсації по всіх блоках об'єкту. Тобто такий шлях є об'єднанням блоків в макроблоки і він також має недоліки при попередній оцінці поля векторів руху.

На відміну від макроблоків, об'єкти є єдиним цілим. Об'єктні методи ґрунтуються на сегментації кадрів [5, 6], яка може виконуватися незалежно від процесу пошуку параметрів руху, або і те, і інше може визначатися в рамках єдиного процесу, що повторюється ітеративно. У першому випадку підставою для сегментації служить зазвичай інформація щодо яскравості, у другому сегментація проводиться з урахуванням знайдених параметрів руху, які потім уточнюються. Іноді сегментація кадру на об'єкти застосовується після визначення векторів зміщення для окремих блоків з метою корекції знайденого векторного поля.

Даний підхід є одним з найбільш перспективних і обіцяє стати популярним у найближчому майбутньому, хоча в даний час має досить високу обчислювальну складність. Потенційно це найбільш точний і стійкий до шуму метод, але при правильно виконаній сегментації.

Кватерніонно-вейвлетна модель

Вейвлетне перетворення є потужним інструментом аналізу сигналів і зображень, так як дає можливість отримати інформацію про їх структурні особливості. Стосовно зображень це інформація про границі об'єктів, текстури і т.п. Реалістичні зображення характеризуються наявністю великих регулярних областей, які розділені границями. Така інформація дуже корисна для переходу до об'єктного опису зображення. Але недоліком вейвлетного перетворення є відсутність інваріантності відносно зрушення. Малі зрушення сигналів призводять до значних коливань енергії вейвлетних коефіцієнтів, що ускладнює отримання інформації про сигнал.

Кватерніонно-вейвлетне перетворення QWT [7, 8] є розширенням комплексного вейвлетного перетворення SWT шляхом введення фази. З властивостей перетворення Фур'є відомо, що фазовий спектр включає інформацію, яка може бути використана для оцінки геометрії зображень. Відповідні коефіцієнти перетворення в термінах амплітуди і фази мають вигляд:

$$q = |q| e^{-j\phi_1} e^{j2\phi_2} e^{j3\phi_3},$$

де ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 – фазові зрушення.



Рис. Оригінальний кадр і два інтерпольованих (запропонований метод)

Фаза дозволяє отримати додаткову інформацію про границі об'єктів на різних масштабах.

Кватерніонно-вейвлетна КР досягається наступним чином. Нехай є два послідовних кадри $I_t(x, y)$ і $I_{t+1}(x, y)$. Необхідно знайти вектори руху блоків першого кадру по відношенню до другого. З фазової властивості QWT лінійне зрушення (δ_x, δ_y) призводить до зміни фаз $(\phi_1 - 2\pi u \delta_x, \phi_2 - 2\pi v \delta_y, \phi_3)$, де u і v визначають центральну частоту. Їх можна визначити шляхом застосування QWT до $I_t(x, y)$ та $I_t(x - \delta_x, y - \delta_y)$. Після визначення фазової різниці $(\Delta\phi_1, \Delta\phi_2)$ між відповідними коефіцієнтами, можна знайти центральні частоти

$$u = \Delta\phi_1 / 2\pi\delta_x, v = \Delta\phi_2 / 2\pi\delta_y$$

і потім знайти локальне зміщення блоку.

Введення кватерніонів як засобу представлення значення пікселя в кольоровому зображенні дає можливість розглядати колір як єдине ціле та покращити чутливість низькочастотної фільтрації і виявлення границь об'єктів. Вейвлетне перетворення при застосуванні кватерніонів містить і колірну, і структурну інформацію, що покращує результат пошуку колірних границь.

Висновки

Аналіз результатів показав, що запропонований метод КР призводить до мінімізації неправильно визначених векторів руху окремих блоків, які мають місце в існуючих методах на регулярних текстурах, як показано на рисунку. Обчислювальна складність методу не перевищує $O(N \log N)$, тому він може бути застосований в реальних системах зміни частоти кадрів.

Список літератури

1. Haan de G. Progress in motion estimation for video format conversion / G. de Haan // *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. – Aug 2000. – Vol. 46, No 3. – P. 449-450.
2. Olivieri S. Noise-robust recursive motion estimation for H.263-based videoconferencing systems / S. Olivieri, G. de Haan, L. Albani // *Proc. Int. Workshop on Multimedia Signal Processing*. – Sep, 1999, Copenhagen. – P. 345-350.
3. Braspenning R. Efficient Motion Estimation with Content-Adaptive Resolution / R. Braspenning, G. de Haan // *Proceedings of ISCE'02*. – Sep. 2002. – P. E29-E34.
4. Kuo Tien-ying. Motion-Compensated Frame Interpolation Scheme for H.263 Codec/ Tien-ying Kuo, JongWon Kim, C.-C. Jay Kuo // *Proc. ISCAS 99, May 1999*. 27.
5. L. Lucchese Color Image Segmentation / L. Lucchese, S.K. Mitra. A State-of-the-Art Survey, 2001.
6. Efficient Graph-Based Image Segmentation / Pedro F. Felzenszwalb, Daniel P. Huttenlocher // *International Journal of Computer Vision*. – Sept. 2004. – Vol. 59, Num. 2.
7. Садбери Э. Кватернионный анализ / Э. Садбери // *Гиперком-*

плексные числа в геометрии и физике. – 2004. – № 2(2). – С. 130-137.

8. Selesnick I. The dual-tree complex wavelet transform / I. Selesnick, R. Baraniuk, N. Kingsbury // *IEEE Signal Process. Mag.* – Nov. 2005. – *Mag.*, vol. 22, no. 6. – P. 123-151.

Надійшла до редколегії 31.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Тюрін, Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса.

КВАТЕРНИОННО-ВЕЙВЛЕТНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ

В.В. Мороз, Е.С. Чубач

Предлагается кватернионно-вейвлетная модель кадра для оценки и компенсации движения. За счет вычисления фазовых сдвигов кватернионно-вейвлетного преобразования рассчитываются линейные сдвиги между соседними кадрами. Низкая вычислительная сложность данного метода и визуальное качество результатов дает возможность его практического применения для временной интерполяции видео.

Ключевые слова: компенсация движения, блочная декомпозиция, кватернионно-вейвлетное преобразование сегментация.

QUATERNION-WAVELET INDEMNIFICATION OF MOTION

V.V. Moroz, E.S. Chubach

The quaternion-wavelet model of shot is offered for an estimation and indemnification of motion. due to the calculation of phase changes of quaternion-wavelet transformation linear changes settle accounts between nearby personnels. Low calculable complication of this method and visual quality of results enables his practical application for temporal interpolation of video.

Keywords: indemnification of motion, sectional decouplig, quaternion-wavelet transformation is segmentation.