

УДК 000.93

**М.В. Гашиников**

Самарский государственный аэрокосмический университет, Россия

**Н.И. Глумов**

ЗАО «Самара-Информспутник», Россия

**В.В. Сергеев**

Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара

## Иерархическая компрессия изображений в системах реального времени\*

В работе рассматривается проблема компрессии цифровых изображений в системах оперативного дистанционного зондирования земной поверхности, работающих в реальном времени. Для компрессии СРВ предлагается использовать разработанный авторами метод, основанный на известной идее иерархической сеточной интерполяции.

### Введение

В работе рассматривается проблема компрессии цифровых изображений в системах оперативного дистанционного зондирования земной поверхности, работающих в реальном времени. Специфика проблемы компрессии в системах реального времени (СРВ) [1] определяется следующими свойствами этих систем:

- 1) высокая скорость поступления входных видеоданных;
- 2) наличие канала связи с постоянной пропускной способностью;
- 3) возможность возникновения сбоев в цифровом канале связи;
- 4) жесткие ограничения на технические характеристики устройства (вес, энергопотребление и др.);
- 5) широкий и заранее неизвестный круг задач, для решения которых используется выходная видеоинформация.

Эти свойства определяют требования к методу компрессии в СРВ:

- 1) высокий коэффициент компрессии;
- 2) строгий контроль качества;
- 3) низкая вычислительная и структурная сложность;
- 4) постоянная скорость формирования выходных (сжатых) данных;
- 5) высокая помехозащищенность.

В данной работе для компрессии в СРВ предлагается использовать разработанный авторами метод [2-4], основанный на известной идее *иерархической се-*

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке Министерства образования РФ, администрации Самарской области и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF Project SA-014-02) в рамках российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE), а также Российского фонда фундаментальных исследований, грант 03-01-00736.

точной интерполяции (ИСИ) [5-7]. Этот метод очень прост структурно, имеет низкую вычислительную сложность и, кроме того, позволяет обеспечивать контроль качества с использованием наиболее строгого показателя максимальной погрешности.

Однако метод ИСИ обладает особенностями, затрудняющими его использование в СРВ: во-первых, метод имеет контролируемую погрешность и, следовательно, обладает переменной скоростью формирования сжатых данных; во-вторых, метод не включает никаких средств защиты от сбоев в канале связи. В данной работе предлагается информационная технология компрессии изображений на основе ИСИ, включающая разработанные авторами алгоритмы стабилизации скорости формирования данных и компенсации сбоев в канале связи.

## Иерархическая компрессия изображений

Основная идея методов компрессии на основе ИСИ заключается в иерархическом прореживании двухмерной решетки отсчетов изображения, интерполяционном восстановлении пропущенных отсчетов и кодировании ошибок интерполяции. Изображение при этом представляется в виде объединения *иерархических уровней*. Старший иерархический уровень представляет собой сетку отсчетов изображения с шагом два в степени номер уровня по обеим координатам. Каждый более младший уровень представляет собой сетку отсчетов с вдвое меньшим шагом, из которой исключены отсчеты всех более старших уровней.

Это представление позволяет компрессировать данные иерархических уровней последовательно, начиная со старшего. При этом отсчеты более старших уровней используются для *интерполяции* отсчетов более младших. Интерполирующие значения отсчетов вычитаются из исходных для получения *разностного сигнала*. Разностный сигнал *квантуется* с помощью равномерной шкалы, обеспечивающей заданное значение максимальной погрешности.

*Квантованный разностный сигнал* подвергается статистическому кодированию, а полученные кодированные данные записываются в выходной поток. Таким образом, сжатые данные метода ИСИ состоят из кодированных квантованных разностных сигналов для каждого уровня и вспомогательной информации (максимальная погрешность, количество уровней и т.п.).

Кроме того, при компрессии каждого уровня производится деквантование и восстановление отсчетов уровня. Восстановленные отсчеты необходимы для интерполяции отсчетов более младших уровней. Наличие этой обратной связи и позволяет контролировать погрешность.

## Использование иерархической компрессии в системах реального времени

Для использования метода ИСИ в СРВ в данной работе предлагается информационная технология, обладающая следующими свойствами:

1. Постоянная скорость формирования выходного потока сжатых данных за счет разработанного авторами алгоритма стабилизации скорости выходного потока [2], [3]. При использовании этого алгоритма видеоинформация компрессируется порциями, каждая сжатая порция помещается в буферную память, откуда передается в канал связи с фиксированной пропускной способностью. Для каждой порции на основе ее статистических характеристик и текущей заполненности буфера задается своя максимальная погрешность. Погрешность выбирается таким образом, чтобы обеспечить как можно меньшую усредненную по всем порциям погрешность и не допустить переполнения буфера. В данной работе этот алгоритм усовершенствован: добавлена возможность учета свойств разностного сигнала для коррекции погрешности на младших уровнях в целях более точного обеспечения заданного выходного объема данных.
2. Высокая помехозащищенность за счет использования оригинального алгоритма защиты кодированной информации от сбоев в канале связи [8]. За счет использования комбинации двух признаков, один из которых вычисляется по кодированным данным, а второй – по некодированным, обеспечивается возможность полного восстановления (с высокой вероятностью) исходной видеоинформации. При этом, в отличие от известных алгоритмов помехоустойчивого кодирования [9], избыточность кодированных данных весьма незначительна.
3. Повышенная эффективность (по сравнению с известными методами и другими реализациями метода ИСИ) за счет использования:
  - а) разработанного авторами адаптивного параметрического алгоритма интерполяции [10], учитывающего локальные особенности изображения;
  - б) разработанного авторами алгоритма статистического кодирования [2], [4], учитывающего специфику кодируемых данных метода ИСИ.

Состав системы компрессии реального времени на основе ИСИ (рис. 1):

1. Подсистема ИСИ-компрессии:
  - 1.1. Блок интерполяции (P).
  - 1.2. Блок вычисления разностного сигнала ( $\Delta$ ).
  - 1.3. Блок квантования (Q).
  - 1.4. Блок стат. кодирования (S).
  - 1.5. Блок деквантования ( $Q^{-1}$ ).
  - 1.6. Блок восстановления (R).
2. Подсистема защиты от сбоев:
  - 2.1. Блок вычисления признака по несжатым данным (ПНД) (SF).
  - 2.2. Блок вычисления признака по сжатым данным (ПСД) (RF).
3. Подсистема стабилизации:
  - 3.1. Блок вычисления максимальной погрешности ( $\epsilon$ ).
  - 3.2. Блок вычисления допустимого объема данных (V).

Для старшего уровня каждой порции (I) блок интерполяции выдает нулевые значения, а блоки квантования, деквантования и восстановления передают информацию без изменения. Поэтому отсчеты старшего уровня без изменения записываются в восстановленную порцию (RI), а соответствующие им статистические коды – в буферную память (BUF). При обработке любого нестаршего уровня являются доступными восстановленные отсчеты более старших уровней, записанные в восстановленную порцию.

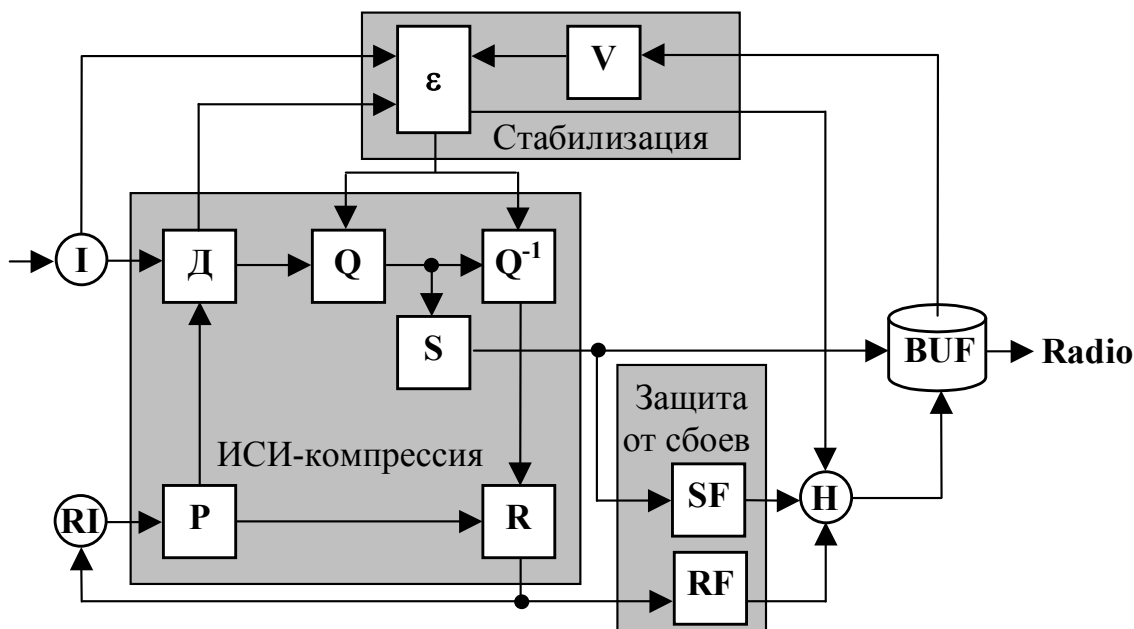


Рисунок 1 – Система компрессии реального времени на основе иерархической сеточной интерполяции

Задача подсистемы стабилизации заключается в указании для каждого уровня каждой порции своей максимальной погрешности  $\varepsilon_{\max}$ . Значения погрешностей для каждого уровня записываются в заголовок сжатой порции (H), который защищается каким-либо помехоустойчивым кодом [9] и также записывается в буфер. Подсистема защиты от сбоев вычисляет ПСД и ПНД и также передает их в заголовок порции.

## Заключение

В работе предложена информационная технология компрессии изображений для систем реального времени на основе иерархической сеточной интерполяции, а также входящие в нее методы и алгоритмы. Предлагаемая информационная технология сохраняет все достоинства иерархической компрессии, учитывая при этом особенности компрессии для СРВ.

## Литература

1. Евдокимов В.П., Покрас В.М. Методы обработки данных в научных космических экспериментах. – М.: Наука, 1977. – 172 с.
2. Гашников М.В., Глумов Н.И., Сергеев В.В. Информационная технология компрессии изображений в системах оперативного дистанционного зондирования // Известия Самарского научного центра РАН. – 1999. – № 1. – С. 99-107.

3. Гашников М.В., Глумов Н.И., Сергеев В.В. Метод компрессии изображений в системах оперативного дистанционного зондирования // 9-я Всерос. конф. «Математические методы распознавания образов» (ММРО-9-99). – М. – 1999 – С. 160-163.
4. Гашников М.В., Глумов Н.И., Мясников В.В., Сергеев В.В., Farberov E. Программная оболочка компрессии и визуализации изображений на основе алгоритма иерархической сеточной интерполяции // 5-я междунар. конф. «Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии» (РОАИ-5-2000), г. Самара, 16–22 октября 2000 г. – Часть III. – С. 710-713.
5. Kortman С.М. Redundancy Reduction – a Practical Method of Data Compression // IEEE. – 1967. – Vol. 55, № 3. – P. 253-263.
6. Limb J.O. Picture Coding: The use of a Viewer Model in Source Encoding // The Bell System Technical Journal. – 1973. – Vol. 52, № 6.
7. Александров В.В., Горский Н.Д. Представление и обработка изображений: Рекурсивный подход. – Л.: Наука, 1985. – 192 с.
8. Глумов Н.И. Повышение помехоустойчивости передачи сжатых цифровых изображений // 6-я междунар. конф. «Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии» (РОАИ-6-2002), г. Великий Новгород, 21 – 26 октября 2002 г.
9. Кодирование информации (двоичные коды) / Березюк Н.Т., Андрущенко А.Г., Мощицкий С.С. и др. – Харьков: Вища школа, 1978. – 252 с.
10. Gashnikov M.V., Glumov N.I., Sergeyev V.V. Adaptive Interpolation Algorithm for Hierarchical Image Compression // Automation, Control, and Information Technology (ACIT). – 2002.

The information technology of image compression for real-time systems is proposed. This technology is based on hierarchical grid interpolation, and provided high efficiency of compression, strict quality control with maximum deviation control, constant speed of forming output stream of compressed data, and possibility of fault compensation in digital communication channel.

У роботі розглядається проблема компресії цифрових зображень у системах оперативного дистанційного зондування земної поверхні, що працюють у реальному часі. Для компресії в СРЧ пропонується використовувати розроблений авторами метод, заснований на відомій ідеї ієрархічної сіткової інтерполяції.

*Статья поступила в редакцию 07.07.03.*