

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 519.72

Яворко  
Юлия Евгеньевна

Обработка видеoinформации в системах сжатия на основе кодирования  
зависимых источников

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель  
Саломатин С. Б.  
кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В течение последних десятилетий наблюдается существенное развитие технологий беспроводного обмена информацией. Пропускная способность существующих беспроводных сетей передачи данных позволяет осуществлять передачу по ним таких объемных данных как видеоданные. Следует отметить, что все чаще в современных сетях передачи данных в качестве источников такой информации выступают мобильные устройства, которые, как правило, характеризуются малыми вычислительными возможностями (при этом ограничения накладываются как на вычислительную мощность процессора, так и на доступный объем памяти) и ограниченным, зачастую трудно восполняемым, запасом аккумуляторной батареи. Существующие технологии сжатия видеоданных, в первую очередь подходы, описанные в стандартах серий ITU-T H.26x и ISO/IEC MPEG, характеризуются наличием «сложного» кодера и «простого» декодера, и плохо подходят для использования на мобильных устройствах. В качестве перспективной технологии для использования на мобильных устройствах во многих работах рассматриваются подходы, связанные с распределенным кодированием видеоданных (Distributed Video Coding – DVC).

Большинство современных видеокодеков используют следующую схему устранения временной избыточности: сжатию подвергаются не данные исходного кадра, а ошибки предсказания. Предсказание пикселей текущего кадра осуществляется по данным одного или нескольких ранее обработанных и уже восстановленных (декодированных) кадров. Такие кадры называют опорными или базовыми. Процедура поиска в опорных кадрах пикселей, которые будут использоваться для предсказания, называется оценкой движения (Motion Estimation – ME), причем эта процедура может занимать до 70% от общего времени кодирования.

В схемах на основе DVC устранение временной избыточности также осуществляется с помощью предсказания, однако оно выполняется на стороне декодера, что позволяет существенно снизить сложность кодирования. С точки зрения распределенного кодирования результат предсказания на стороне декодера является дополнительной информацией, а саму процедуру предсказания называют генерацией дополнительной информации. Кодеру остается только сформировать уточняющую информацию, которая позволит декодеру исправить ошибки предсказания. Существующие реализации DVC используют для исправления ошибок предсказания методы помехоустойчивого кодирования.

Наиболее популярным подходом является интерпретация предсказания с помощью так называемого виртуального канала (Virtual Dependency Channel), по которому «передаются» исходные данные  $x$ , а на выходе наблюдается дополнительная информация (результаты предсказания)  $y$ . Для того чтобы исправить возникшие «ошибки», кодер интерпретирует  $x$  как информационную последовательность и формирует по ней проверочные символы, используя

заранее определенный код. Декодер конкатенирует полученные проверочные символы с  $y$ , после чего применяет процедуру декодирования, восстанавливая в  $y$  несовпадающие с  $x$  позиции. Таким образом, сжатие достигается в том случае, если количество проверочных символов меньше, чем количество исходных данных  $x$ . Следует отметить, что описанный подход является только одним из способов практической реализации идеи DVC.

В последнее время в контексте сенсорных сетей и мобильных мультимедийных приложений кодирование с распределенным источником привлекло значительное внимание исследовательского сообщества.

Распределенное кодирование видеоданных (Distributed Video Coding, DVC) является сравнительно новым подходом к сжатию видеоисточника. Несмотря на то, что теоретические предпосылки DVC были получены еще в 1970-е гг., активные исследования в данном направлении начались только в конце 1990-х гг. Это связано в основном с тем, что до недавнего времени распределенное кодирование рассматривалось как задача, не имеющая реального практического применения. Развитие технологий мобильной передачи данных привело к формированию новых требований к кодеру, учитывающих особенности мобильных видеоисточников: ограниченный, зачастую трудно восполняемый, объем аккумуляторной батареи и сравнительно малые вычислительные возможности мобильных устройств. Эти особенности накладывают существенные ограничения на допустимую сложность процедуры сжатия видеоданных на стороне мобильного передатчика. Кроме того, следует отметить, что описанные ограничения не принимались в расчет при разработке современных стандартов сжатия видеоданных ITU-T H.26x и ISO/IEC MPEG. В связи с этим разработка подходов к сжатию видеоданных, учитывающих описанные выше особенности, является актуальной задачей.

Для решения этой задачи во многих работах в качестве перспективной технологии указывается DVC, поскольку в ее архитектуре заложено снижение сложности кодирования при сохранении степени сжатия.

Основная сложность при этом переносится со стороны кодера на декодер: наиболее вычислительно сложная операция устранения временной избыточности, связанная с формированием ошибок предсказания на стороне кодера, заменяется процедурой интерполяции (или экстраполяции) кадров на стороне декодера. Блок, отвечающий за предсказание кадров на стороне декодера, принято называть блоком генерации сторонней информации. Ошибки, которые могут быть внесены в кадры в процессе интерполяции, исправляются с помощью проверочных битов некоторого помехоустойчивого кода, досылаемых кодером по запросам от декодера. Степень сжатия определяется количеством проверочных битов.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Работа выполнена по теме «Обработка видеoinформации в системах сжатия на основе кодирования зависимых источников».

Актуальность темы обусловлена тем, что развитие мобильных технологий и приложений привело к формированию концептуально новых требований к способам обработки передаваемых видеоданных. Существующие методы сжатия видеоинформации разработаны без учёта характерных особенностей мобильных видеоисточников. Поэтому перспективным направлением в области сжатия мобильных видеоданных является применение подходов, основанных на технологии распределенного кодирования.

Целью диссертационного исследования является разработать алгоритмы обработки видеоинформации в системах сжатия на основе кодирования зависимых источников с использованием преобразования Фурье в конечном поле и в поле комплексных чисел.

Для достижения цели магистерской работы поставлены следующие задачи:

1 Обзор существующих методов и алгоритмов распределенного кодирования видеоинформации, теоретические предпосылки распределенного видеокодирования.

2 Разработать эффективный алгоритм спектрального кодирования на основе кода Рида-Соломона для кодека Вайнера-Зива системы сжатия со сторонней информацией.

3 Обзор научно-технической и патентной литературы по вопросам стеганографической защиты информации.

4 Обзор стегоалгоритмов встраивания информации в изображения.

5 Разработать алгоритм стеганографической защиты изображения на основе свойства фрактального преобразования Фурье.

Объектом исследования является система сжатия видеоданных, основанная на принципах кодирования зависимых источников с дополнительной информацией на декодере.

Предмет исследования являются алгоритмы кодирования и обработки изображения в кодеках Вайнера-Зива.

Научная и практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что полученные в ходе исследования результаты позволяют повысить по сравнению с существующими алгоритмами эффективность сжатия видеоданных в системах, основанных на распределенном кодировании источников, что способствует уменьшению энергопотребления и габаритных размеров кодеров видеоинформации.

Результаты магистерской работы докладывались на Международном научно-техническом семинаре «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» и опубликованы в сборнике материалов, также представлены на 54-й и 55-й научных конференциях аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

Магистерская работа проверена на плагиат, процент уникальности работы соответствует норме, установленной кафедрой ИКТ.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертационной работы произведен обзор существующих методов и алгоритмов распределенного кодирования видеоинформации. Приведена модель сжатия MPEG видео и поэтапно рассмотрен принцип работы данной модели, определены преимущества и недостатки. Данная модель идеально адаптирована к следующим условиям: сжатие, выполняемое на мощной станции, и легкое декодирование в системах с низким энергопотреблением. Однако в последние годы возникли некоторые новые потребности. На данный момент требуются несложные алгоритмы сжатия и, прежде всего, методы кодирования, которые позволят улучшить качество передачи видеоданных в мобильных системах, а также обеспечат соответствующий уровень надёжности и безопасности. Сформулированным требованиям полностью отвечает подход распределенного кодирования видеоинформации.

Также дана подробная классификация методов распределенного кодирования источников видеоинформации. Методы распределенного кодирования источников видеоинформации в зависимости от ряда признаков можно классифицировать следующим образом:

1 По типу обрабатываемых данных: обработка кадров целиком, обработка частей кадров.

2 По наличию обратной связи от декодера к кодеру: с обратной связью, без обратной связи.

3 По области обработки: обработка в пространстве пикселей (в пиксельном домене), обработка в преобразованном пространстве (в преобразованном домене).

Выполнен обзор и анализ основных концепций распределенного кодирования источников видеоинформации, а именно концепция Стэнфорд и концепция PRISM (от Power-efficient, Robust, High-compression, Syndromebased Multimedia coding). Из результатов анализа можно сделать вывод, что концепция Стэнфорд в большей степени соответствует существующей парадигме кодирования видеопоследовательностей, чем PRISM и обладает следующими преимуществами:

– концепция Стэнфорд предоставляет большую гибкость при выборе сферы применения, т. к. в ней присутствует возможность разнесения кодеров опорных и промежуточных кадров в пространстве/времени;

– кодеры, основанные на концепции Стэнфорд обладают меньшей сложностью, по сравнению с PRISM, за счет отсутствия выбора режима кодирования блоков;

– наличие обратной связи от кодера к декодеру обеспечивает кодекам, основанным на концепции Стэнфорд, возможность восстановления данных на стороне декодера без потерь.

Также представлена модель распределенного кодирования на базе проекта DISCOVER и рассмотрен принцип её функционирования. Определены основные области применения распределенного кодирования.

Во второй главе представлены основные теоретические предпосылки распределенного видеокодирования. Рассмотрено несколько возможных способов кодирования: блочное кодирование для канала без шума, кодирование с помощником.

В третьей главе детально рассматривается алгебраический подход к SCSI, основанный на декодировании в конечном поле GF соответствующего кода канала, который вызывает разделение пространства источника.

Для  $q$ -й симметричной корреляции между исходной и дополнительной информацией подход декодирования может обеспечить эффективное сжатие.

Алгебраический подход позволяет нам проектировать схему SCSI для любой произвольной  $q$ -арной симметричной корреляции, не прибегая к моделированию. Исследованы и рассмотрены наиболее подходящие схемы кодирования

Также рассмотрены следующие методы кодирования:

- синдромное кодирование источника с  $q$ -й симметричной корреляцией;
- кодирование по смежным классам со сторонней информации в декодере;
- кодирование источника синдрома с использованием списочного декодирования.

В четвёртой главе рассмотрен вариант реализации кодирования Вайнера-Зива на основе кодов Рида-Соломона. Дана подробная теоретическая справка о возможностях и характеристиках кодов Рида-Соломона. Приведены формулы расчёта основных параметров кодов Рида-Соломона. Исследованы алгоритмы кодирования и декодирования, а также выполнена программная реализация алгоритмов кодирования.

В пятой главе полностью раскрыто определение стеганографии. Изучены основные термины и положения стеганографии. Сформулированы и приведены основные требования к стегосистемам. Любая стегосистема должна отвечать следующим требованиям:

1 Свойства контейнера должны быть модифицированы, чтобы изменение невозможно было выявить при визуальном контроле.

2 Стегосообщение должно быть устойчиво к искажениям, в том числе и злонамеренным.

3 Для сохранения целостности встраиваемого сообщения необходимо использование кода с исправлением ошибки;

4 Для повышения надежности встраиваемое сообщение должно быть продублировано.

В шестой главе произведён обзор стегоалгоритмов встраивания информации в изображения. К аддитивным алгоритмам относятся: алгоритмы на основе линейного встраивания данных, алгоритм Кокса, алгоритм Барни, алгоритм Ниччиотти, алгоритмы на основе слияния ЦВЗ и контейнера,

алгоритм Ше, алгоритм Кьюндера. К методам на основе квантования относятся: алгоритм Чю, алгоритм Хсю. Также рассмотрены стегоалгоритмы, использующие фрактальное преобразование (алгоритм Баса, алгоритм Пуате, алгоритм Дэверна) и алгоритм стеганографического преобразования на основе быстрого преобразования Фурье.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационной работы было выполнено:

– разработан и промоделирован алгоритм спектрального кодирования на основе кода Рида-Соломона для кодеков Вайнера-Зива систем сжатия со стороны информации. Алгоритм использует для передачи стороны информации синдром размера  $r$  кода РС длиной  $n$ , что позволяет уменьшить количество передаваемой информации в  $\frac{2n}{n+r}$  раз.

– обзор научно-технической и патентной литературы по вопросам стеганографической защиты информации.

– представлены основные положения и принципы стеганографии.

– произведён обзор стеганографических методов и алгоритмов встраивания информации в неподвижные изображения.

– на основе свойства фрактального преобразования Фурье и псевдослучайной перестановки фаз спектральных компонент разработан алгоритм стеганографической защиты изображения слабо чувствительный к воздействию алгоритмов сжатия типа JPEG.

– моделирование в среде Matlab подтвердило работоспособность алгоритмов.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Яворко, Ю. Е. Спектрально-кодовая стеганографическая защита изображения в распределенных системах / Ю. Е. Яворко, С. Б. Саломатин // Международный научно-технический семинар «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных»: материалы международного научно-технического семинара (Республика Беларусь, Минск, ноябрь – декабрь 2018 г.)/ отв. ред. В. К. Конопелько. – Минск: БГУИР, 2018. – С.16-20