## Слайд №1

Здравствуйте, меня зовут Веселов Антон Игоревич. Вашему вниманию представляется диссертационная работа на тему «ОБРАБОТКА ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ СЖАТИЯ, ОСНОВАННЫХ НА ПРИНЦИПАХ КОДИРОВАНИЯ ЗАВИСИМЫХ ИСТОЧНИКОВ».

## Слайд № 2

В работе рассматривается распределенное кодирование видеоданных - относительно новый подход к сжатию, который позволяет существенно снизить сложность обработки видео на кодере и, в теории, не проиграть по степени сжатия алгоритмам, базирующимся на общепринятых концепциях сжатия видео. Следует отметить, что на практике в настоящее наблюдается проигрыш по степени сжатия в сравнении с существующими стандартными кодеками (например, Н.264).

## Слайд № 3

Поэтому целью данной работы является повышение степени сжатия в видеокодеках, основанных на принципах распределенного кодирования источников, за счет улучшения существующих и разработки новых способов обработки данных на стороне декодера. Объектом исследования является система сжатия видеоданных, основанная на принципах кодирования зависимых источников с дополнительной информацией на декодере. Предмет исследования составляет процесс восстановления промежуточных кадров на стороне декодера.

## Слайд № 4

Перед тем как переходить к содержанию работы, рассмотрим основные понятия и принципы распределенного кодирования видеоинформации. В основе распределенного кодирования лежит теория кодирования зависимых источников с дополнительной информацией на декодере. На данном слайде приведена система сжатия информации от пары зависимых источников X и Y. Выход источника Y обрабатывается независимо от X, восстановленное сообщение источника Y используется совместным декодером в модуле генерации дополнительной информации, чтобы получить аппроксимацию сообщения . Совместный декодер интерпретирует результат аппроксимации как исходное сообщение , переданное по некоторому каналу с шумом, представляющим ошибки аппроксимации. Канал принято называть «виртуальным каналом», шум – «корреляционным шумом».

## Слайд № 5

Учитывая приведенные на предыдущем слайде обозначения, в работе в соответствии с целью были поставлены шесть задач, связанные с исследованием основных методов сжатия видеоинформации с использованием распределенного кодирования, разработкой алгоритмов генерации дополнительной информации, а также разработкой моделей и алгоритмов оценки параметров корреляционного шума.

## Слайд № 6

Работа состоит из четырех разделов. В первом разделе вводятся основные определения и обозначения, используемые в работе, рассматривается модель системы распределенного кодирования на базе проекта DISCOVER и выделяются основные факторы, влияющие на степень сжатия в этой модели. Раздел 2 посвящен задаче генерации дополнительной информации. В третьем разделе рассматриваются вопросы, связанные с моделированием корреляционного шума. Результаты сравнительного анализа разработанных алгоритмов представлены в заключительном разделе.

## Слайд № 7

На данном слайде представлена классификация методов распределенного кодирования источников видеоинформации, а также существующие концепции распределенного кодирования – концепция Stanford и PRISM, которые представляют собой два различных способа сжатия видеоинформации с использованием принципов кодирования зависимых источников. Концепция Stanford, в рамках которой осуществляется сжатие целых кадров в преобразованном пространстве с использованием обратной связи от декодера к кодеру получила наибольшее распространение.

## Слайд № 8

На базе концепции Stanford в середине 2000-x годов в рамках проекта DISCOVER несколькими группами исследователей была разработана базовая модель распределенного кодирования, определяющая основные операции кодера и декодера. В соответствии с этой моделью поток кадров разбивается на опорные и промежуточные кадры. Опорные кадры кодируются независимо, например, с использованием кодека, работающего по стандарту H.264. На стороне кодера промежуточные кадры подвергаются ДКП и квантованию. Квантованные спектральные коэффициенты затем организуются в полосы, и для каждой полосы рассчитывается аккумулированный синдром LDPCA кода. На стороне декодера, по восстановленным опорным кадрам выполняется расчет аппроксимации промежуточного кадра. Далее этот кадр обрабатывается аналогично тому, как это делается на кодере, в результате чего на стороне декодера формируется набор искаженных квантованных коэффициентов, для которых в модуле моделирования виртуального канала рассчитываются надежности, которые затем используются для формирования мягкого входа декодера LDPCA. Декодер LDPCA кода, запрашивая у кодера биты накопленного синдрома, выполняет исправление искажений в квантованных спектральных коэффициентах. После того, как искажения исправлены, выполняется оптимальное восстановление спектральных коэффициентов и ОДКП, чтобы восстановить промежуточный кадр.

## Слайд №9

В данной схеме наибольшее влияние на сжатие оказывают:

* точность генерации дополнительной информации: чем меньше различий между дополнительной информацией декодера и исходными данными на стороне кодера, тем меньше проверочных бит необходимо затратить на их исправление.
* **Эффективность исправления ошибок** в дополнительной информации, на которую влияют:
  + **модуль оценки параметров виртуального канала**: надежности символов оказывают существенное влияние на эффективность исправления ошибок с использованием корректирующих кодов;
  + **модуль помехоустойчивого кодирования**: чем выше корректирующая способность кода, тем больше ошибок он позволяет исправить при фиксированной длине кода.

В диссертационной работе основное внимание уделено вопросам, связанным с генерацией дополнительной информации и моделированием корреляционного шума.

## Слайд № 10

В основе модуля генерации дополнительной информации, как правило, лежит процедура временной интерполяции кадров. Типовой алгоритм временной интерполяции включает четыре основных блока: предобработку, оценку и компенсацию движения, постобработку. Наиболее важным блоком является оценка движения, т.к. для корректной интерполяции объектов на промежуточных кадрах необходимо обладать информацией об их движении. Основные принципы оценки движения в задаче временной интерполяции:

* допущение о кусочно-гладком векторном поле: поиск с учетом соседей;
* обработка перекрытий: билатеральная оценка движения.

Рассмотрим схему алгоритма временной интерполяции, предложенного в рамках проекта DISCOVER. В основе этого алгоритма лежит блоковая оценка движения с блоками фиксированного размера, состоящая из трех шагов: однонаправленная оценка движения из одного опорного кадра в другой. Затем делается билатеральный допоиск с целью обработки перекрытий на промежуточном кадре. В завершение применяется сглаживающая фильтрация векторного поля для повышения гладкости.

## Слайд №11

Рассмотрим общепринятую модель истинного движения объектов, формализующую приведенные на предыдущем слайде принципы в виде оптимизационной задачи, включающей слагаемое, отвечающее за гладкость векторного поля, и слагаемое, отвечающее за ошибку сопоставления блоков при оценке движения. Базовый алгоритм является эвристическим алгоритмом поиска локального минимума данной задачи, т.к. на его первых двух шагах минимизируется ошибка сопоставления, а на втором шаге, для фиксированной ошибки осуществляется сглаживание векторов. Недостатками алгоритма являются:

* Использование полного перебора векторов с блоками одного фиксированного размера не позволяет осуществлять поиск с учетом глобального движения, что может приводить к сваливанию в локальный минимум.
* Сглаживание поля не учитывает «надежность» векторов движения, т.к. малая ошибка сопоставления блоков не гарантирует правильного вектора движения.

## Слайд №12

Для того, чтобы обойти указанные недостатки был разработан новый алгоритм, выполняющий:

* иерархическая оценка движения с блоками разного размера;
* учет надежностей вектором при сглаживании векторного поля, при это вектор считается надежным, если:
  + он обеспечивает малую ошибку сопоставления блоков;
  + он похож по направлению с векторами соседних блоков.

## Слайд №13

На данном слайде приведены результаты сравнительного анализа разработанного алгоритма с базовым в рамках задачи преобразования кадровой скорости видео в два раза. Сначала видеопоследовательности прореживалась за счет выкидывания каждого второго кадр, затем выкинутый кадр интерполировался с использованием алгоритма временной интерполяции. Для оценки качества интерполяции использовался среднее значение критерия PSNR. Видно, что на всех тестовых последовательностях разработанный алгоритм демонстрирует выигрыш по сравнению с базовым от 1 до 2,5 дБ.

## Слайд №14

Третий раздел посвящен вопросам, связанным с моделированием корреляционного шума. В рамках базовой модели DISCOVER корреляционный шум представляет собой разницу между квантованным спектральными коэффициентами оригинального промежуточного кадра и результата временной интерполяции. Рассмотрим базовые допущение о шуме. **Допущение 1**.Шум для полосы спектральных коэффициентов с индексом представляет собой последовательность одинаково распределенных случайных величин из некоторого вероятностного закона, плотность которого можно аппроксимировать смесью распределений Лапласа с нулевым математическим ожиданием

**Допущение 2**. Для каждой полосы спектральных коэффициентов декодер может рассчитать аппроксимацию шума , причем , где – случайное искажение, имеющее некоторый закон распределения с нулевым математическим ожиданием и конечной дисперсией.

На данном слайде представлен пример шума для старших спектральных коэффициентов. Видно, что базовые допущения не учитывают особенность шума, связанную с группировкой ошибок с большим значением. В связи с этим в третьем разделе сначала вводится в рассмотрение модель шума.

## Слайд №15

Введем в рассмотрение понятие случайного поля. Будем считать, что значение ошибки является реализацией случайной величины **Определение 1**. Будем называть множество случайных величин ***полем ошибок***.

**Определение 2**. Будем называть множество случайных величин , где ***, полем распределений***.

Событие, заключающееся в сопоставлении законов распределений из смеси (1) со случайными величинами из , будем рассматривать как реализацию случайного поля .

## Слайд №16.

Обобщим базовое допущение на произвольные законы распределений, а не только распределения Лапласа. А также введем новое допущение, гласящее, что случайное поле является *Марковским случайным полем*.

Данные допущения позволяют сформулировать задачу моделирования корреляционного шума с использованием принципа максимума апостериорной вероятности.

Следует отметить, что есть ряд факторов, мешающих применению модели в явном виде:

* в общем случае оптимизация выражения (3) является *NP-полной задачей*;
* поиск параметров моделей такого вида является открытой задачей.

## Слайд №17

Рассмотрим базовый алгоритм моделирования корреляционного шума. Каждая полоса частот обрабатывается независимо и для каждой полосы, выполняются:

1. Расчет выборочной дисперсии.
2. Затем для каждого коэффициента делается расчет отклонения от среднего значения в полосе.
3. На последнем шаге для каждого коэффициента выполняется расчет параметра масштаба распределения Лапласа.

Отметим, что в базовом алгоритме все коэффициенты в полосе обрабатываются зависимо, т.е. тоже не учитывается наличие отдельных регионов с сгруппированными значениями ошибок.

## Слайд №18

Для того, чтобы обойти этот недостаток предлагается модифицировать базовый алгоритм, добавив в него блок сегментации ошибок, с последующим применением базового алгоритма в каждом сегменте независимо. В качестве алгоритма сегментации используется EM-подход, с последующей медианной фильтрацией поля распределений.

## Слайд №19

Четвертый раздел посвящен задаче сравнительного анализа разработанных алгоритмов. Начнем с алгоритма моделирования корреляционного шума. На данном слайде приведены кривые «скорость-искажение» полученные с использованием базового и модифицированного алгоритмов. Видно, что

## Слайд №20

Перейдем теперь к сравнению алгоритмов генерации дополнительной информации. При проведении данного сравнения необходимо учесть, что модуль генерации дополнительной информации находится в тесной взаимосвязи с модулем моделирования корреляционного шума и, как следствие, с помехоустойчивым декодером. Для того, чтобы уменьшить влияние этих модулей при проведении оценки алгоритмов генерации дополнительной информации предлагается следующий подход. Реализуется кодек без обратной связи, в котором в качестве восстановленного промежуточного кадра выдается результат временной интерполяции. Таким образом устраняется влияние других модулей системы.

## Слайд №21

На данном слайде приведены кривые «скорость-искажение», полученные с использованием предложенного метода. Видно, что

## Слайд №22

Также в четвертом разделе предлагается метод построения верхней границы для кривых «скорость-искажения», полученных с использованием распределенного кодека, использующего билатеральную оценку движения при генерации дополнительной информации. Для этого реализуется распределенный кодек, с так называемым оракулом, т.е. модулем, который имеет доступ к информации, недоступной декодеру на практике. Для блока генерации дополнительной информации предлагается использовать оракула при выполнении оценки движения с модифицированным критерием сопоставления блоков, позволяющим найти такое векторное поле, при котором результат интерполяции будет максимально похож на кадр, который нужно восстановить. Очевидно, что число бит, которые нужно затратить на передачу проверочной информации в такой системе является минимально возможным среди всех систем, выполняющих билатеральную оценку движения при временной интерполяции.

## Слайд №23

На данном слайде приведены графики сравнения основанного на модели DISCOVER распределенного кодека, включающего все разработанные в рамках данной работы алгоритмы с существующими алгоритмами.

## Слайд №24

На защиту выносятся следующие положения:

1. Алгоритм межкадрового предсказания на стороне декодера для систем распределенного кодирования видеоданных, основанный на процедуре временной интерполяции с учетом истинного движения объектов..
2. Модель ошибок предсказания промежуточного кадра для систем распределенного кодирования видеоданных, основанная на пространственном моделировании ошибок как Марковской сети.
3. Модифицированный алгоритм оценки параметров ошибок в виртуальном канале, учитывающий пространственные характеристики корреляционного шума.
4. Метод сравнительной оценки алгоритмов межкадрового предсказания для систем распределенного кодирования видеоданных, основанный на модели кодека без обратной связи.

## Слайд №25

Результаты диссертационной работы были внедрены в учебном процессе кафедры инфокоммуникационных систем ГУАП, а также использованы в рамках проекта «Разработка цепочки фильтров постобработки видеоданных», осуществляемого ЗАО «Интел».

## Слайд №26

Основные результаты работы:

1. Алгоритм генерации дополнительной информации на стороне декодера, использующий метод временной интерполяции, основанный на процедуре поиска истинного движения объектов в видеопоследовательности.
2. Модель виртуального канала, основанная на вероятностной порождающей модели ошибок, представляющей процесс возникновения искажений с помощью скрытого Марковского случайного поля (СМСП).
3. Модифицированный алгоритм моделирования корреляционного шума, основанный на процедуре сегментации ошибок межкадрового предсказания с использованием EM-подхода.
4. Метод выполнения сравнительной оценки алгоритмов генерации дополнительной информации, учитывающий тот факт, что модули системы распределенного кодирования оказывают сильное влияние друг на друга.

Метод построения верхней границы кривых «скорость-искажение», показывающей для заданной степени сжатия максимально возможное качество восстановления кадров при использовании билатеральной оценки движения в модуле генерации дополнительной информации.

Спасибо за внимание! Доклад окончен.