

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

УДК _____

Парасочка
Андрей Владимирович

«Кодирование изображений сверхвысокого разрешения»

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 02 «Телекоммуникационные системы и
компьютерные сети»

Научный руководитель
Волков Кирилл Аркадьевич
Доцент, к.т.н.

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

С середины 60-х годов XX наблюдается тенденция роста спроса на результаты съемок земной поверхности для применения как в нуждах военно-промышленного комплекса, так и для решения задач общего назначения. Основная масса съемочных данных добывается при помощи низко- и среднеорбитальных съемочных систем.

Работы по усовершенствованию действующей и перспективной космической техники ведутся по многим направлениям. К сожалению, прогресс происходит неравномерно в каждой из таких областей. Постоянный рост разрешающей способности при сохранении полосы захвата позволяет получать все более точные данные о земной поверхности, что дает широкие возможности использования таких данных. Но рост разрешения неизбежно приводит к существенному росту объемов потоков данных, которые необходимо передавать на Землю. К сожалению, текущие и перспективные космические аппараты вынуждены работать в условиях весьма ограниченного по пропускной способности радиоканала, а также сеансовой доступности такого канала, обусловленного особенностями орбитального движения искусственных спутников Земли. При таком наборе ограничений, накладываемых на канал связи, все большее значение и актуальность приобретает задача снижения объемов передаваемой на землю целевой информации. Данная работа посвящена решению некоторых вопросов уменьшения объемов передаваемой целевой информации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы

Целью работы является разработка алгоритма кодирования изображений сверхвысокого разрешения, а также его реализация в ПЛИС. Кодек должен быть основан на содержательной избыточности съемочной информации. Предполагаемая сфера применения – съемочные системы дистанционного зондирования Земли орбитального базирования.

Задачи работы

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать структурную схему съемочной системы, для применения в которой разрабатывается кодек;
- определить тип фокальной плоскости, выбрать тип, модель и количество оптико-электронных преобразователей;
- разработать структурную схему аппаратной составляющей ПЛИС;

- осуществить расчет параметров информационного потока от фокальной плоскости, параметров ЗУ;
- разработать архитектуру бортового ЗУ;
- разработать алгоритм работы кодека;
- реализовать кодек в ПЛИС в виде IP модуля на HDL языке;
- путем моделирования проверить эффективность разработанного кодека;

Работа связана с одним из самых перспективных направлений в области кодирования изображений – уменьшении содержательной избыточности информации. Такой подход позволяет не только разработать новые алгоритмы сжатия, но и усовершенствовать существующие. Практическая актуальность работы подтверждается актом внедрения в производственный процесс ОАО «Пеленг» в рамках НИОКР по созданию съемочных систем орбитального базирования.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в разработке обобщенной структуры съемочной системы сверхвысокого разрешения, разработке алгоритма кодирования, его реализации в ПЛИС, подтверждении работоспособности и эффективности принятых решений расчетами и моделированием. Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем, к-т техн. наук, доцентом К.А. Волковым.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В начале работы осуществляется изучение и анализ текущего состояния проблем построения систем ДЗЗ, современных методов и алгоритмов кодирования(сжатия) информации, а именно изображений. Среди актуальных тенденций на рынке ДЗЗ следует отметить следующие:

- 1) Рост количества малых КА в последние годы. Все чаще подобные аппараты разрабатываются не крупными компаниями и институтами, а небольшими командами разработчиков. По функциональным возможностям, в частности по пространственному разрешению, не могут составить конкуренцию большим КА, но идеально подходят для решения целого спектра немасштабных прикладных задач. Постоянный рост количества запусков аппаратов подобного типа явно говорит об их востребованности на рынке.
- 2) Массо-габаритные и бюджетные ограничения малых КА налагают дополнительные ограничения на тип используемого устройства связи и передачи данных. Как правило, в малых КА используются устройства передачи со скоростью передачи данных около 50-100Мбит/с.

- 3) Аппараты такого типа обычно базируются на низких и средних геосинхронных орбитах, что приводит к сеансовому типу связи с КА. Длительность сеансов связи ограничена и зависит от многих параметров.
- 4) К малым КА предъявляются пониженные требования по отказоустойчивости и сроку активного существования, т.к. экономические затраты от повышения уровня надежности, зачастую, превышают экономический эффект от аппаратов такого типа. Именно поэтому, всё большее распространение находят коммерческие ЭРИ, применяемые вместо чрезвычайно дорогих ЭРИ космического и военного назначения. Кроме того, коммерческие ЭРИ обычно обладают более высокими техническими характеристиками. В частности, на данный момент, имеется успешный опыт использования коммерческих КМОП фотоприемников в качестве ОЭУ КА ДЗЗ
- 5) Использование коммерческих ЭРИ позволяет при относительно небольших накладных расходах проектировать системы сверхвысокого разрешения путем использования большого числа одиночных фотоприемников.
- 6) Из-за особенностей канала связи и сверхвысокого разрешения возникает проблема передачи полученной информации на Землю в рамках сеансов связи. В связи с этим, все большую актуальность приобретают методы кодирования(сжатия) передаваемой информации.
- 7) Существует множество типов сжатия информации, которые дифференцируются по критериям сжатия. Различают методы устраняющие кодовую, структурную, психовизуальную, содержательную избыточность передаваемой информации. Само по себе сжатие может осуществляться с потерями и без потерь. Наиболее сложными и перспективными являются методы сжатия на основе содержательной избыточности.

Перед разработкой кодека необходимо определить начальные условия для проектирования. В разделе 2.1 «Постановка задачи» определяются такие параметры как разрешение всей съемочной системы, скорость передачи радиоканала, максимальный объем запоминающего устройства.

В разделе 2.2 «Разработка структурной схемы» приводится типовая структурная схема съемочной системы орбитального базирования с кратким описанием функционального назначения каждой структурной единицы. Это необходимо для общего понимания решаемой задачи, а также сопутствующих проблем. В конце раздела приводится более детальная структурная схема полезной нагрузки, а именно самой съемочной системы.

Одной из главных частей съемочной системы является фокальная плоскость, которая осуществляет преобразование отраженных от Земли

электромагнитных волн в электрические сигналы посредством оптико-электронных преобразователей. Раздел 2.3 «Разработка фокальной плоскости» посвящен выбору ОЭУ для фокальной плоскости, рассмотрению возможных конструктивных исполнений данного узла, а также количества ОЭУ, необходимых для удовлетворения требований по разрешению съемочной системы. Приведенный в разделе расчет показал, что для обеспечения разрешения не менее 60 Мпикселей необходимо использовать 16 ОЭУ выбранного типа (КМОП матрица CMOSIS CMV4000).

Одним из требований является реализация кодека в виде IP модуля для ПЛИС. В разделе 2.4 «Разработка структуры ПЛИС» осуществляется выбор конкретной модели ПЛИС для реализации кодека по ряду параметров, главным из которых является количество доступных дифференциальных пар, т.к. для подключения такого количества ОЭУ необходимо не менее 304 LVDS пар. Разработка структуры ПЛИС предполагает формулирование перечня задач, которые должна решать ПЛИС. В разделе приведен такой перечень с указанием решения каждой из задач аппаратными и программными ресурсами ПЛИС. Результатом раздела является создание проекта ПЛИС в САПР Xilinx Vivado и разработка внутренней архитектуры ПЛИС.

Раздел 3.1 «Разработка алгоритма кодека» посвящен описанию принципов работы кодека, рассмотрению возможных сценариев использования. Разработанный кодек устраняет содержательную избыточность, основанную на актуальности той или иной части целевой информации для потребителя. Существуют различные сценарии использования целевой информации, при которых высокое разрешение становится не таким актуальным как оперативность получения данных. В таких случаях, съемочная система может передавать на Землю как всю подстилающую поверхность, попадающую в поле зрения, в пониженном разрешении, так и отдельные участки. В случае отсутствия необходимости в оперативных данных, съемочная система будет передавать снимки в сверхвысоком разрешении во время сеансов связи. Для уменьшения содержательной избыточности предлагается использовать уменьшение разрешения базового разрешения в 2, 4, 8 раз. Поступающий поток информации должен обрабатываться так, что в бортовое запоминающее устройство должны одновременно записываться кадры в базовом (8192 x 8192 разрешении), уменьшенном в 2 раза (4096 x 4096), в 4 раза (2048 x 2048), в 8 раз (1024 x 1024). Уменьшения разрешения осуществляется как по горизонтали, так и по вертикали. Для получения одного пикселя уменьшенного в 2 раза разрешения необходимо сложить 4 соседних пикселя базового разрешения, а сумму разделить на 4. В разделе приводится схематичное изображение

алгоритма уменьшения разрешения, а также пример изображения от одного ОЭУ в разных разрешениях.

Алгоритм кодека предполагает одновременную запись и хранение в бортовом запоминающем устройстве кадров разного разрешения. Разработка такого массива памяти приведена в разделе 3.2 «Разработка архитектуры запоминающего устройства».

Приведенные в разделе 3.3 «Расчет параметров информационного потока и ЗУ» вычисления показывают, что для хранения всего объема данных при использовании кодека при условии ведении съемки в течении 2 минут с частотой кадров 0,5 Гц достаточным будет запоминающего устройства размером 53,5 Гбит. Также благодаря расчетам известно, что для передачи снимка базового разрешения через радиоканал со скоростью 50Мбит/с необходимо затратить 13,422 минуты. Уменьшенный в 2 раза кадр передается уже за 3,36 минуты; уменьшенный в 4 раза – за 0,84 минуты, уменьшенный в 8 раз – за 0,21 минуту. Весь объем полученных данных (снимки базового + уменьшенного разрешения) может быть передан за 17,8 минут. В условиях сеансового режима связи такие временные затраты на передачу могут быть затруднительны и нежелательны. Снижение разрешения позволяет увеличить количество кадров, передаваемых в единицу времени с помощью того же канала связи, что в свою очередь делает возможным увеличение межкадровой частоты съемки. Это дает возможность, в случае необходимости, увеличить оперативность целевых данных. На рисунке 3.8 показана зависимость объема данных от выбранного разрешения.

Раздел 3.4 «Реализация кодека в ПЛИС» содержит в себе формулировку алгоритма кодека в понятиях аппаратного и программного обеспечения ПЛИС. Кодек разработан в виде IP модуля `img_codec.v` на HDL языке Verilog в среде разработки Xilinx Vivado 2015.4.

Исходный код кодека и его подмодулей приведен в Приложениях А, Б, В, Г.

Проверка работоспособности и эффективности разработанного кодека осуществляется в главе 4 «Моделирование». Из-за невозможности проверки кодека на реальном аппаратном обеспечении, кодек был реализован на языке C# в виде приложения `Image_codec.exe` для ПК. Входным воздействием для приложения является изображение Земли разрешением 4096 x 4096. Кодек осуществляет уменьшение разрешения в 2, 4, 8 раз с измерением времени затрачиваемого на преобразование и размером полученных изображений. В виду того, что операционная система Windows, в которой выполняется приложение не является системой реального времени, измерения временных затрат на преобразование не является точным.

Проведенное моделирование показало, что разработанный кодек может быть реализован как в виде аппаратного модуля, так и в виде настольного приложения. Также подтверждена работоспособность и эффективность разработанных решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненной диссертационной работы:

- выполнен анализ текущего состояния и тенденций развития рынка КА ДЗЗ, рассмотрены основные методы кодирования изображений. На основе этого было сделано предположение о перспективных вариантах применения разрабатываемого кодека и его целевом назначении;
- разработана структурная схема съемочной системы, для которой разрабатывался кодек; обозначен перечень функций, требующих реализации; сформулированы начальные условия для разработки кодека;
- осуществлена разработка фокальной плоскости для съемочной системы, включая выбор подходящей актуальной элементной базы;
- для реализации кодека в ПЛИС была разработана соответствующая структура проекта и выбраны средства ее реализации;
- проведены расчеты, показывающие актуальность кодека и положительный эффект от его применения;
- была разработана архитектура запоминающего устройства для работы с кодеком;
- разработан алгоритм работы кодека и показана логика его работы;
- кодек получил реализацию в виде IP модуля ПЛИС;
- для проверки результатов проектирования было создано настольное приложение, которое подтвердило правильность выбранных решений и алгоритмов;
- сформулированы возможные варианты повышения эффективности кодека в дальнейшем;

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ

- 1) Волков, К.А. Моделирование движения беспилотного летательного аппарата с оптической навигационной системой / К.А. Волков, Х.М. Карбалаи Салех, А.В. Парасочка, С.С. Зайцев, Р.Р.Романов, М.Б.М. Махммуд // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы международного научно-технического семинара – Минск, 2016 – С.31-38
- 2) Ланденок, В.О. Лазерное сканирование земной поверхности с использованием БПЛА / Ланденок В.О., Парасочка А.В., Галай Е.А. // Телекоммуникационные системы и сети: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов – Минск, 2017 – С.48-50

Библиотека БГУИР