

## Раздел IV. Вычислительная техника и информатика

УДК 681.3.014

С.В. Скороход, А.П. Степанова

### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПЕРЕДАТЧИКОМ И ПРИЕМНИКОМ В ПРОЦЕССЕ ВИДЕО ТРАНСЛЯЦИИ\*

*Рассмотрены вопросы взаимодействия передатчика и приемника при кодировании и трансляции видео в формате jpeg 2000 по локальной сети. Предложена многопоточная структура передатчика и приемника видеоданных, которая позволяет наиболее оптимально использовать многоядерные ресурсы современных вычислительных систем. Передатчик состоит из главного потока (модуль интерфейса) и нескольких подчиненных: цепь кодирования 1, цепь кодирования 2, передатчик и приемник SAP-пакетов. Приемник состоит из главного потока (модуль интерфейса) и нескольких подчиненных: приемник RTP-пакетов, цепь декодирования 1, цепь декодирования 2, приемник SAP-пакетов. Предложена структура и методика функционирования приемника RTP-пакетов, основанная на реализации буфера видео кадров. Описана схема взаимодействия между передатчиком и приемником, основанная на рассылке SAP-пакетов. Описана схема действий передатчика и приемника в момент начала и окончания трансляции. Приведенная схема не ограничивает количество передатчиков и приемников в одной сети. Все описанные подходы были реализованы и протестированы в системе видео трансляции с использованием формата jpeg2000 в среде программирования Microsoft Visual Studio 2008 на языке C.*

*JPEG2000; передатчик; приемник; сеть; видео; трансляция.*

S.V. Skorokhod, A.P. Stepanova

### SOME ASPECTS OF THE NETWORK TECHNOLOGY BETWEEN THE TRANSMITTER AND THE RECEIVER DURING VIDEO BROADCAST

*The paper discusses the issues of cooperation between the transmitter and receiver during the encoding and transmission of video in jpeg 2000 format on the local network. Proposed structure of multithreaded transmitter and receiver which allows the best use of the resources of modern multi-core computing systems. The transmitter consists of a main thread (interface unit) and a number of slave threads: encoding circuit 1, encoding circuit 2, the SAP-packets transmitter and the SAP-packets receiver. The receiver consists of a main thread (interface unit) and a number of slave threads: RTP-packets receiver, the decoding circuit 1, the decoding circuit 2, the SAP-packets receiver. A structure and method of operation of the RTP-packets receiver based on the realization of the video frame buffer are offered. Scheme of interaction between the transmitter and the receiver based on the SAP-packages broadcasting is described. The sequence of the transmitter and receiver*

---

\* Работа выполнена в рамках выполнения базовой части государственного задания "Информационно-алгоритмическое обеспечение систем цифрового управления, автономной высокоточной навигации и технического зрения для перспективных летательных аппаратов: разработка теоретических основ проектирования, алгоритмов, способов эффективной и надежной программной реализации, использование высокопроизводительной вычислительной инфраструктуры для экспериментального моделирования.

steps at the beginning and ending of the broadcast is described. This scheme does not restrict the number of transmitters and receivers in the same network. All of these approaches have been implemented and tested in the system of video stream using the format jpeg2000 in the programming environment Microsoft Visual Studio 2008 and C.

JPEG2000; transmitter; receiver; network; video broadcast.

**Постановка задачи.** Для проведения видео трансляции по локальной сети требуется наличие двух программных инструментов: передатчика и приемника видео потока. Помимо основных задач кодирования, декодирования и воспроизведения видео, эти инструменты должны решать ряд вспомогательных задач: оповещение всех узлов сети о параметрах передаваемого сигнала, пакетизацию передаваемых видео данных, сбор принятых пакетов и восстановление видео ряда, отслеживание активности источников трансляции [1]. Данная работа посвящена обсуждению вопросов исследовательской реализации сетевого взаимодействия передатчика и приемника, в процессе трансляции видео в формате jpeg2000 [2] в условиях кодирования в реальном масштабе времени.

Целями исследования являются разработка следующих аспектов сетевого взаимодействия:

- ◆ архитектура передатчика, позволяющая выполнять кодирование видео потока и его передачу в реальном масштабе времени;
- ◆ архитектура приемника, позволяющая в реальном масштабе времени принимать сетевые пакеты, собирать из них видео кадры и выполнять их декодирование;
- ◆ структура и алгоритмы функционирования буфера для приема сетевых пакетов и сборки видео кадров;
- ◆ алгоритмы сетевого оповещения, позволяющие передатчику и приемнику начинать и заканчивать трансляцию.

**Передатчик.** Поскольку передатчик, параллельно кодированию и трансляции видео, должен выполнять функции сетевого взаимодействия, наиболее оптимальной архитектурой для него является многопоточная организация. В такой архитектуре имеется некоторый главный процесс, который инициирует подчиненные ему параллельные потоки, каждый из которых решает свою определенную задачу, а общую синхронизацию всех потоков выполняет главный процесс. Архитектура передатчика изображена на рис. 1.

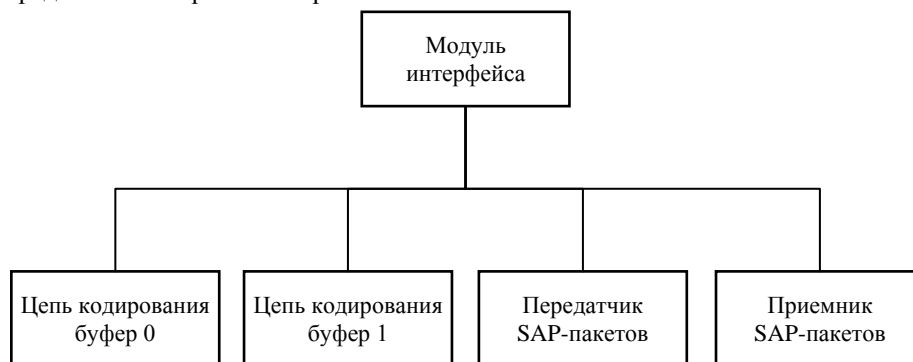


Рис. 1. Архитектура передатчика видео потока

Модуль интерфейса является главным процессом передатчика, выполняющим взаимодействие с пользователем, запуск и синхронизацию работы остальных модулей. В его задачу входит выбор источника подлежащего трансляции видеосигнала,

выбор параметров его кодирования в формате jpeg2000 [3–5], выбор параметров помехоустойчивого кодирования [6, 7], управление функционированием всех подчиненных модулей как отдельных потоков единого программного процесса.

Цепь кодирования представляет собой последовательность извлечения данных очередного видео кадра, кодирования кадра в формате jpeg2000, опционального помехоустойчивого кодирования [8], пакетизации полученного кодового потока в соответствии с требованиями спецификации RFC5371 и broadcast-рассылке полученной совокупности RTP-пакетов по локальной сети [9–11]. В связи с тем, что цепь включает несколько последовательных взаимосвязанных этапов обработки, она реализуется в виде отдельного программного потока. Однако однопоточная реализация приводит к значительным задержкам, поскольку извлечение данных очередного видео кадра будет происходить только после отсылки последнего пакета предыдущего кадра [12]. Для ускорения обработки за счет более полного использования ресурсов современных многоядерных вычислительных систем, предлагается создание двух потоков цепи кодирования, каждый из которых использует разделяемый flip-flop буфер: пока первый выполняет кодирование кадра в буфере 0, второй – кодирование следующего кадра в буфере 1. Количество таких потоков может быть увеличено пропорционально количеству ядер процессора [1]. Синхронизация всех цепей кодирования и выдержка заданной частоты кадров выполняется центральным модулем интерфейса.

Передачик SAP-пакетов является самостоятельным потоком, выполняющим broadcast-рассылку данных о параметрах источника и самого видеосигнала. Рассылка производится в соответствии с протоколом SAP [13] через определенные интервалы времени в течение всей сессии видео трансляции. Задача рассылки – известить потенциальные приемники о наличии трансляции и передать им параметры для настройки на ее прием.

Приемник SAP-пакетов – также самостоятельный поток. В его задачу входит отслеживание перечня активных SAP-передатчиков с целью вычисления длительности временного интервала между отправкой SAP-пакетов. Интервал выбирается так, чтобы суммарный трафик всех SAP-пакетов в сети не превышал 4000 бит/с [13].

**Приемник.** Аналогично передатчику приемник также имеет многопоточную архитектуру, при которой главный процесс порождает и управляет подчиненными независимыми друг от друга потоками [12]. Архитектура приемника изображена на рис. 2.

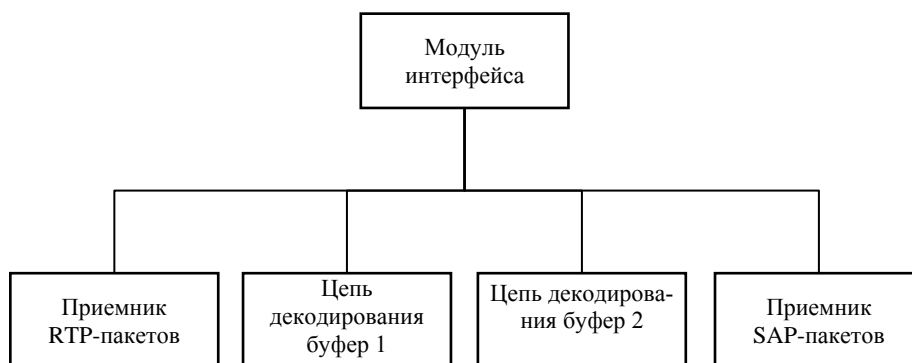


Рис. 2. Архитектура приемника видео потока

Центральным звеном приемника является модуль интерфейса, который запускает поток приемника SAP-пакетов и узнает от него наличие и параметры активных видео передатчиков в сети. По выбору пользователя система настраивается на прием видео от конкретного передатчика, после чего запускаются остальные подчиненные потоки, выполняющие прием и визуализацию видео.

Задачей приемника RTP-пакетов является чтение пакетов из соответствующего UDP-сокета и буферизированное распределение их по кадрам в соответствии с RTP-меткой времени каждого пакета. Этот поток работает автономно в течение всего времени приема видео, разделяя доступ к буферу кадров с цепями декодирования при помощи критической секции.

Цепь декодирования выполняет извлечение очередного видео кадра из буфера приемника RTP-пакетов, помехоустойчивое декодирование, декодирование jpeg2000 и визуализацию кадра. Для ускорения декодирования параллельно работают два потока, обрабатывающие соответственно буферы 0 и 1. Такое ускорение весьма актуально, особенно при использовании помехоустойчивых средств, поскольку в этом случае декодирование выполняется медленнее кодирования и может происходить запаздывание в работе приемника.

Важным вопросом является обнаружение приемником факта прекращения видео передачи. Для этого передатчик высылает специальный пакет завершения, сигнализирующий об окончании трансляции. Если же такой пакет не дошел до приемника и был потерян, приемник считает трансляцию завершённой, если в течение десяти установленных временных интервалов от передатчика не был получен ни один SAP-пакет.

**Прием RTP-пакетов.** Поскольку в качестве транспортного протокола для передачи RTP-пакетов используется протокол UDP с негарантированной доставкой пакетов, пакеты могут теряться, дублироваться и приходить к приемнику не в том порядке, в котором они были отправлены. Это создает существенные проблемы на приемной стороне, которые решаются использованием буфера приема сетевых пакетов, рассчитанного на несколько видео кадров [14]. Структура буфера изображена на рис. 3.

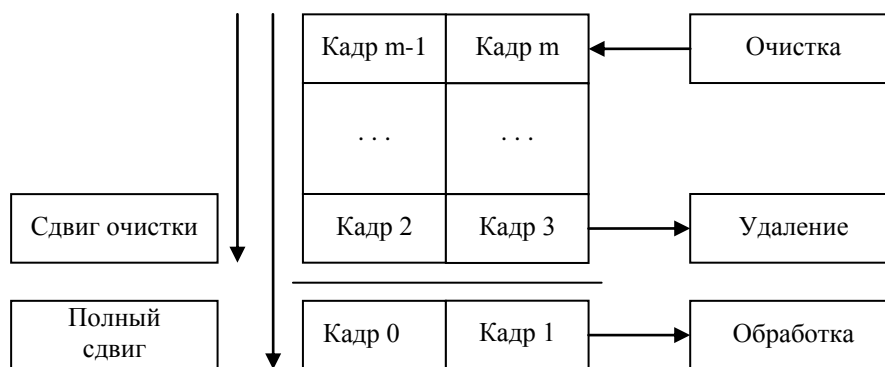


Рис. 3. Структура буфера для приема RTP-пакетов

Важным параметром для сборки кадра из разрозненных сетевых пакетов, порядок прихода которых по сети в приемник совсем не соответствуют порядку их отправки передатчиком, является RTP-метка времени [15, 16]. Все пакеты одного кадра имеют одинаковое значение этой метки. Ее наличие позволяет не только собирать видео кадры, но и выстраивать их в первоначальную последовательность.

Буфер организован так, что RTP-метки времени собираемых кадров всегда должны следовать непосредственно друг за другом. На рис. 3 такие кадры имеют номера от 2 до  $m$ . При этом кадры 0 и 1 являются уже собранными и готовыми для передачи в обработку. Подобная организация позволяет быстро обнаружить место конкретного кадра в буфере. Возможны три варианта обработки пакета.

- ◆ RTP-метка пакета меньше чем у кадра 2. Такой пакет является опоздавшим, его кадр уже пошел в обработку, пакет отбрасывается.
- ◆ RTP-метка пакета соответствует метке одного из кадров 2.. $m$ . Это пакет одного из собираемых кадров и он вставляется в этот кадр на свое место.
- ◆ RTP-метка пакета больше, чем у кадра  $m$ . Приемник работает слишком медленно по сравнению с передатчиком. Буфер оказался переполнен и в нем нет места новому кадру. Следует очистить часть собираемых кадров с тем, чтобы кадр  $m-1$  или  $m$  имел RTP-метку пришедшего пакета (выполняется сдвиг очистки).

Буфер содержит четное количество кадров, сгруппированных попарно. Такая структура необходима для правильной обработки чересстрочного видео, в котором нечетный кадр неразрывно связан с четным. Кадры 0 и 1 предназначены для передачи в обработку цепи декодирования, но передача кадра 0 выполняется только после прихода первого пакета кадра 4, а кадр 1 может начать обрабатываться только после прихода первого пакета кадра 6. Это правило является средством защиты от опустошения буфера и синхронизации, если декодирование и обработка приемником выполняются быстрее, чем передатчик успевает кодировать и передавать видео кадры.

Если приемная сторона работает медленнее передающей, возникает проблема постепенного заполнения и переполнения буфера. Когда принят пакет кадра, метка которого превышает метку кадра  $m$ , выполняется сдвиг очистки: кадры 2 и 3 удаляются, на их место попарно сдвигаются оставшиеся кадры, а два последних ( $m-1$  и  $m$ ) очищаются. При этом в буфере должно быть достаточно кадров, чтобы при очередном сдвиге на место кадров 2 и 3, готовых к декодированию, не попали частично заполненные кадры, для которых получены не все пакеты. Количество очищаемых из буфера кадров может быть и большим и определяется разностью между метками времени пришедшего кадра и кадра  $m$ .

После завершения обработки кадра 1 выполняется полный сдвиг буфера с очисткой двух последних кадров, после чего новая пара кадров 0 и 1 последовательно поступает в обработку.

Описанный процесс является асинхронным. Поток приемника RTP-пакетов выполняет прием пакетов, вставку их в кадры буфера и сдвиг очистки, если это необходимо. Поток цепей декодирования реализует передачу кадра 0 или 1 в обработку и, при необходимости, полный сдвиг буфера. Доступ к буферу из всех потоков происходит с использованием критической секции для предотвращения возможных коллизий.

**Сетевое оповещение.** Сетевое взаимодействие между передатчиком и приемником можно разделить на три этапа [1].

1. Начало трансляции и приема.
2. Трансляция и прием видео данных.
3. Завершение трансляции и приема.

Начало трансляции выполняется передатчиком, который через свой модуль интерфейса устанавливает формат и параметры передаваемого видеосигнала, после чего в сеть начинают посылаться SAP-пакеты для информирования потенциальных приемников о значениях этих параметров с целью настройки на прием. Описание параметров сессии выполняется при помощи протокола SDP [17]. Каждый SAP-пакет содержит SDP-сообщение, которое следует проанализировать приемнику.

В SDP-сообщении указываются:

- ◆ имя сессии;
- ◆ IP-адрес отправителя;
- ◆ UDP-порт для приема пакетов;
- ◆ время активности сеанса;
- ◆ вид медиаданных и их формат (например, видео в формате jpeg2000);
- ◆ параметры медиаданных (цветовая схема, ширина, высота, вид развертки);
- ◆ прочие параметры.

Сообщение передает полный набор данных, необходимых для настройки приемника на передаваемый сигнал. Время активности сеанса может задаваться двойкой. Либо сигнал неопределенной продолжительности, либо сигнал с заданным временем начала и окончания трансляции.

Пример SDP-сообщения выгладит так.

```
v=0
o=alice 2890844526 2890844526 IN IP4 192.198.27.50
s=Session1
c=IN IP4 192.198.27.50
t=0 0
m=video 49170 RTP/AVP 98
a=rtptime:98 jpeg2000/90000
a=fmtp:98 sampling=YCbCr-4:2:2; interlace=1; width=720;height=480
```

Параллельно с передачей SAP-пакетов передатчик начинает кодировать видео выбранного формата, разбивать полученные кадры на пакеты и отсылать в сеть при помощи широковещательной рассылки. При этом в сети может находиться несколько передатчиков, каждый из которых сообщает о своих параметрах видео и транслирует свои видеоданные.

Начало приема выполняется модулем интерфейса приемника, который от приемника SAP-пакетов узнает о существовании в сети видеотрансляции и ее параметрах. При этом трансляций может быть несколько. После выбора пользователем требуемой из них, выполняется настройка приемника на ее параметры, запуск приемника RTP-пакетов и цепей декодирования и собственно прием и воспроизведение видео.

Завершающая фаза может наступить по инициативе либо приемника, либо передатчика. Если инициатором является приемник, то он просто отключается без каких либо последствий для передатчика, который будет продолжать трансляцию. Завершение по инициативе передатчика может быть произведено в трех случаях.

- ◆ Завершилось время активности сессии. Поскольку это время указывается в SDP-сообщениях, приемник знает о нем и сам должен отключиться в заданный момент.
- ◆ Преждевременное отключение передатчика. Такое отключение происходит до указанного момента завершения сессии. В этом случае передатчик отправляет в сеть специальный SAP-пакет завершения (или несколько таких пакетов для надежности). Получив такой пакет приемник должен отключиться.
- ◆ Аварийное отключение передатчика, если приемник по каким-либо причинам не получил SAP-пакет завершения. Приемник ждет прихода SAP-пакетов от передатчика в течение десяти установленных временных интервалов, после чего отключается.

Отметим, что описанная схема взаимодействия допускает не только произвольное количество передатчиков, но и произвольное количество приемников в одной сети.

**Результаты экспериментов.** Предложенные в работе подходы сетевого взаимодействия реализованы в рамках исследовательского прототипа, разработанного на языках программирования С и С++ в системе Microsoft Visual Studio 2008 с применением библиотеки Qt [18, 19]. Задачей данного прототипа является исследование вопросов, связанных с возможностью применения видео в формате jpeg 2000 в системах видео трансляции.

В качестве одной из целей проводимых экспериментов было определение частоты кадров в приемнике при следующих условиях:

- ◆ исходная видео последовательность задана набором изображений в формате bmp и предварительно загружена в оперативную память;
- ◆ кодирование видео кадров в формат jpeg 2000 выполняется в реальном масштабе времени с применением следующих параметров: размер тайла – 128x128 пиксель, количество слоев качества – 1, необратимый режим кодирования, тип прогрессии – слой, уровень, компонента, положение, количество уровней декомпозиции – 4, размер блоков кодирования по X и Y – 64;
- ◆ помехозащищенное кодирование выполняется в реальном масштабе времени с применением predetermined кодов для защиты заголовков и 16-битной контрольной суммы CRC-16 для защиты данных;
- ◆ кодер и декодер jpeg 2000, средства помехозащищенного кодирования/ декодирования не используют аппаратных ускорителей и технологий параллельного программирования;
- ◆ отображение декодированных видео кадров приемником реализуется средствами библиотеки OpenGL.

Для экспериментального исследования использовался стенд, состоящий из двух компьютеров (передатчик и приемник), включенных в локальную сеть Ethernet с пропускной способностью 1000 Мбит/с. Конфигурация компьютеров была выбрана идентичной: процессор Core2 Duo E8200, оперативная память 2Г, видеокарта NVIDIA GeForce 9600 GT 512М, операционная система Windows 7 Professional (x86) Service Pack 1.

Используемые форматы изображений приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Форматы изображений в эксперименте**

Номер эксперимента	Формат	Развертка	Размер
1	RGB 4 4 4	Прогрессивная	1024x768
2	YCBCR 4 2 2	Прогрессивная	1024x768
3	GRAYSCALE	Прогрессивная	1024x768
4	GRAYSCALE	Чересстрочная	768x576
5	GRAYSCALE	Прогрессивная	702x576

В эксперименте определяется коэффициент компрессии видеоданных как отношение размера входного и выходного видео потока. Коэффициент 1 вычисляется только для кодера jpeg 2000, а коэффициент 2 – с учетом кодера помехозащищенного кодирования. Коэффициент 2 всегда меньше, поскольку сжатие выполняет только кодер jpeg 2000, после чего в видео поток добавляются избыточные коды четности, что уменьшает степень компрессии. Результаты проведенных экспериментов приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты проведенных экспериментов

Номер эксперимента	Коэффициент 1	Коэффициент 2	Частота кадров в приемнике	IP-трафик (Мбит/с)
1	72,669	58,107	5,878	2,807
2	49,798	39,598	8,061	3,508
3	27,816	21,600	15,436	5,712
4	14,109	11,726	28,963	6,115
5	18,677	15,079	25,378	6,719

Анализ результатов позволяет сделать вывод о значительной трудоемкости обработки видео в формате jpeg 2000 на этапах кодирования и декодирования. Об этом свидетельствует низкая частота кадров, особенно в экспериментах 1–3, и низкий объем IP-трафика относительно пропускной способности сети. Не смотря на то, что в экспериментах 4–5 была достигнута приемлемая частота кадров, следует сделать вывод о необходимости использования специализированных аппаратных средств для достижения частоты более 50 кадров в секунду.

**Заключение.** Научная новизна полученных результатов исследования заключается в предложенных оригинальной архитектуре передатчика и приемника, основанной на многопоточной (параллельной) организации, оригинальной структуре и алгоритмах функционирования буфера сборки видео кадров, архитектуре сетевого оповещения с использованием сетевых протоколов.

В качестве аналогов данной разработки следует упомянуть коммерческую систему охранного IP-видеонаблюдения Logіріх компании STP [20], в которой используются аппаратные средства для кодирования и декодирования видео в формате jpeg 2000, а также применяется беспроводной канал передачи данных между видео камерой и видео регистратором.

Другие распространенные системы, поддерживающие данный формат (OpenJPEG, Kakadu, JasPer, JJ2000) ориентированы только на обработку статических изображений [18].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скоруход С.В., Степанова А.П.* Вопросы синхронизации передатчика и приемника в процессе видео трансляции // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Управление интеллектуальной собственностью и инновационной активностью хозяйствующих субъектов, коммерциализация технологий – 2014». – Таганрог, 2014. – С. 122-125.
2. *Хусаинов Н.Ш., Дроздов С.Н., Скоруход С.В., Жиглатый А.А., Кравченко П.П.* Особенности проектирования и программной реализации системы видеотрансляции на базе семейства стандартов JPEG2000 // Сборник тезисов докладов Международной конференции "Инжиниринг & Телекоммуникации – En&T 2014". – М., 2014. – С. 137-139.
3. *Acharya T., Tsai P.* JPEG2000 standard for image compression: concepts, algorithms and VLSI architectures. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005. – 274 p.
4. ITU-T Recommendation T.800. Information Technology JPEG2000 Image Coding System: Core Coding System. – Geneva: ITU-T Series T: Terminal for Telematic Services, 2003. – 212 p.
5. *Taubman D.S., Marcellin M.W.* JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. – 773 p.
6. ITU-T Recommendation T.810. Information Technology JPEG 2000 image coding system: Wireless. Amendment 1: IP based wireless networks. – Geneva: ITU-T Series T: Terminal for Telematic Services, 2012. – 6 p.
7. ITU-T Recommendation T.810. Information Technology JPEG2000 Image Coding System: Wireless. – Geneva: ITU, 2007. – 60 p.
8. *Skorokhod S.V., Kravchenko P.P., Khusainov N.S.* Some aspects of JPWL implementation for streaming video // International Conference «Engineering & Telecommunication En&T 2014». November 26-28, 2014. Book of Abstracts. – Moscow–Dolgoprudny: MIPT, 2014. – P. 135-136.



9. *Скоруход С.В., Артюхова А.С.* Особенности реализации системы JPWL для широкополосной видео трансляции // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Управление интеллектуальной собственностью и инновационной активностью хозяйствующих субъектов, коммерциализация технологий – 2014». – Таганрог, 2014. – С. 131-134.
10. *Скоруход С.В., Кравченко П.П., Хусаинов Н.Ш.* Анализ реализации средств защиты потокового видео в формате jpeg2000 от ошибок в канале передачи данных для бортовых систем видеотрансляции // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 8 (157). – С. 219-226.
11. *Скоруход С.В., Кравченко П.П., Хусаинов Н.Ш.* Некоторые аспекты реализации средств JPWL для потокового видео // Сборник тезисов докладов Международной конференции "Инжиниринг & Телекоммуникации – En&T 2014". – М., 2014. – С. 133-135.
12. *Скоруход С.В., Хусаинов Н.Ш.* Вопросы взаимодействия передатчика и приемника при видео трансляции в локальной сети // Материалы III Международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени». Ч. 2. – Екатеринбург, 2014. – С. 66-68.
13. Network Working Group RFC 2974. Session Announcement Protocol. – Marina del Rey: Information Sciences Institute, 2000. – 18 p.
14. *Скоруход С.В., Сыпкова М.М.* Реализация буфера для сборки видео кадров из сетевых пакетов в задаче видео трансляции // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Управление интеллектуальной собственностью и инновационной активностью хозяйствующих субъектов, коммерциализация технологий – 2014». – Таганрог, 2014. – С. 120-122.
15. Network Working Group RFC 5371. RTP Payload Format for JPEG 2000 Video Streams. – The Internet Security (IETF), 2006. – 31 p.
16. Network Working Group RFC:3550. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. – Schulzrinne: BlueCoatSystemsInc., 2003.– 89 p.
17. Network Working Group RFC 2327. SDP: Session Description Protocol. – Cambridge: Information Sciences Institute, 1998. – 42 p.
18. *Дроздов С.Н., Жиглатый А.А., Кравченко П.П., Скоруход С.В., Хусаинов Н.Ш.* Об опыте реализации системы видеотрансляции в формате jpeg2000 и перспективах применения стандарта jpeg2000 для передачи видео и мультиспектральных данных с борта БПЛА // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 7 (156). – С. 161-170.
19. *Дроздов С.Н., Жиглатый А.А., Кравченко П.П., Скоруход С.В., Хусаинов Н.Ш.* Об опыте практической реализации стандартов семейства JPEG2000 при разработке программной системы трансляции видеопотока в реальном масштабе времени в условиях ограниченного сетевого ресурса // Материалы Девятой Всероссийской научно-практической конференции "Перспективные системы и задачи управления" и Четвертой молодежной школы-семинара "Управление и обработки информации в технических системах". – Таганрог, 2014. – С. 459-472.
20. Комплексная система охранного IP-видеонаблюдения Logirix с использованием мультимедиапиксельных камер и NVR компании STP. – URL: [http://www.armosystems.ru/system/ip\\_videosurveillance.htm](http://www.armosystems.ru/system/ip_videosurveillance.htm) (дата обращения: 10.01.2015).

#### REFERENCES

1. *Skorokhod S.V., Stepanova A.P.* Voprosy sinkhronizatsii peredatchika i priemnika v protsesse video translyatsii [Synchronize the transmitter and receiver in the process of the video broadcast], *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Upravlenie intellektual'noy sobstvennost'yu i innovatsionnoy aktivnost'yu khozyaystvuyushchikh sub"ektov, kommertsializatsiya tekhnologiy – 2014»* [The collection of materials of all-Russian scientific-practical conference "Management of intellectual property and innovation activity of economic entities, commercialization of technology – 2014"]. Taganrog, 2014, pp. 122-125.
2. *Khusainov N.Sh., Drozdov S.N., Skorokhod S.V., Zhiglaty A.A., Kravchenko P.P.* Osobennosti proektirovaniya i programmnoy realizatsii sistemy video-translyatsii na baze semeystva standartov JPEG2000 [The design and software implementation of the system of video broadcasting on the basis of the JPEG2000 family of standards], *Sbornik tezisev dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii "Inzhiniring & Telekommunikatsii – En&T 2014"* [The book of abstracts International conference "Engineering & telecommunications – En&T 2014"]. Moscow, 2014, pp. 137-139.

3. Acharya T., Tsai P. JPEG2000 standard for image compression: concepts, algorithms and VLSI architectures. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005, 274 p.
4. ITU-T Recommendation T.800. Information Technology JPEG2000 Image Coding System: Core Coding System. Geneva: ITU-T Series T: Terminal for Telematic Services, 2003, 212 p.
5. Taubman D.S., Marcellin M.W. JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002, 773 p.
6. ITU-T Recommendation T.810. Information Technology JPEG 2000 image coding system: Wireless. Amendment 1: IP based wireless networks. Geneva: ITU-T Series T: Terminal for Telematic Services, 2012, 6 p.
7. ITU-T Recommendation T.810. Information Technology JPEG2000 Image Coding System: Wireless. Geneva: ITU, 2007, 60 p.
8. Skorokhod S.V., Kravchenko P.P., Khusainov N.S. Some aspects of JPWL implementation for streaming video, *International Conference «Engineering & Telecommunication En&T 2014». November 26-28, 2014. Book of Abstracts*. Moscow–Dolgoprudny: MIPT, 2014, pp. 135-136.
9. Skorokhod S.V., Artyukhova A.S. Osobennosti realizatsii sistemy JPWL dlya shirokoveshchatel'noy video translyatsii [Peculiarities of implementation of the JPWL system for broadcast video broadcast], *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Upravlenie intellektual'noy sobstvennost'yu i innovatsionnoy aktivnost'yu khozyaystvuyushchikh sub"ektov, kommersializatsiya tekhnologiy – 2014»* [The collection of materials of all-Russian scientific-practical conference "Management of intellectual property and innovation activity of economic entities, commercialization of technology – 2014"]. Taganrog, 2014, pp. 131-134.
10. Skorokhod S.V., Kravchenko P.P., Khusainov N.Sh. Analiz realizatsii sredstv zashchity potokovogo video v formate jpeg2000 ot oshibok v kanale peredachi dan-nykh dlya bortovyykh sistem videotranslyatsii [Analysis of the implementation of remedies streaming video format jpeg2000 error in the data transmission channel for on-board video broadcast systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 8 (157), pp. 219-226.
11. Skorokhod S.V., Kravchenko P.P., Khusainov N.Sh. Nekotorye aspekty realizatsii sredstv JPWL dlya potokovogo video [Some aspects of implementation of the JPWL for video streaming], *Sbornik tezisov dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii "Inzhiniring & Telekommunikatsii – En&T 2014"* [The book of abstracts International conference "Engineering & telecommunications – En&T 2014"]. Moscow, 2014, pp. 133-135.
12. Skorokhod S.V., Khusainov N.Sh. Voprosy vzaimodeystviya peredatchika i priemnika pri video translyatsii v lokal'noy seti [Issues of interaction between the transmitter and receiver in a video broadcast on the local network], *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Otechestvennaya nauka v epokhu izmeneniy: postulaty proshlogo i teorii novogo vremeni»* [Proceedings of the III International scientific-practical conference "Domestic science in the era of change: past and postulates of the theory of the new age"]. Part 2. Ekaterinburg, 2014, pp. 66-68.
13. Network Working Group RFC 2974. Session Announcement Protocol. Marina del Rey: Information Sciences Institute, 2000, 18 p.
14. Skorokhod S.V., Sypkova M.M. Realizatsiya bufera dlya sborki video kadrov iz setevykh paketov v zadache video translyatsii [The implementation of the buffer for the Assembly of video frames from the network packets in video broadcast], *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Upravlenie intellektual'noy sobstvennost'yu i innovatsionnoy aktivnost'yu khozyaystvuyushchikh sub"ektov, kommersializatsiya tekhnologiy – 2014»* [The collection of materials of all-Russian scientific-practical conference "Management of intellectual property and innovation activity of economic entities, commercialization of technology – 2014"]. Taganrog, 2014, pp. 120-122.
15. Network Working Group RFC 5371. RTP Payload Format for JPEG 2000 Video Streams. – The Internet Security (IETF), 2006, 31 p.
16. Network Working Group RFC:3550. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. – Schulzrinne: BlueCoatSystemsInc., 2003, 89 p.

17. Network Working Group RFC 2327. SDP: Session Description Protocol. – Cambridge: Information Sciences Institute, 1998, 42 p.
18. Drozdov S.N., Zhiglatyy A.A., Kravchenko P.P., Skorokhod S.V., Khusainov N.Sh. Ob opyte realizatsii sistemy videotranslyatsii v formate jpeg2000 i perspektivakh primeneniya standarta jpeg2000 dlya peredachi video i mul'tispektral'nykh dannykh s borta BPLA [On the experience of jpeg2000 broadcasting system implementation and about perspectives of jpeg2000 standard using for transmission of video and multispectral data from UAV], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 7 (156), pp. 161-170.
19. Drozdov S.N., Zhiglatyy A.A., Kravchenko P.P., Skorokhod S.V., Khusainov N.Sh. Ob opyte prakticheskoy realizatsii standartov semeystva JPEG2000 pri razrabotke programmnoy sistemy translyatsii videopotoka v real'nom masshtabe vremeni v usloviyakh ogranichenogo setevogo resursa [About the experience of practical implementation of the JPEG2000 standard of the with the development of a software system broadcast video stream in real time under conditions of limited network resource], *Materialy Devyatoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya" i Chetvertoy molodezhnoy shkoly-seminara "Upravlenie i obrabotki informatsii v tekhnicheskikh sistemakh"* [The Ninth all-Russian scientific-practical conference "Perspective systems and control problems" and a Fourth youth school-seminar "Management and processing of information in technical systems"]. Taganrog, 2014, pp. 459-472.
20. Kompleksnaya sistema okhrannogo IP-videonablyudeniya Logipix s ispol'zovaniem mul'timegapixel'nykh kamer i NVR kompanii STP [Comprehensive system security CCTV IP Logipix to use-eat multimegapixel cameras and NVR STP]. Available at: [http://www.armosystems.ru/system/ip\\_videosurveillance.ahtm](http://www.armosystems.ru/system/ip_videosurveillance.ahtm) (Accessed 10 January 2015).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.П. Карелин.

**Скорокход Сергей Васильевич** – Южный федеральный университет; e-mail: sss64@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371746; кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; к.т.н.; доцент.

**Степанова Анастасия Павловна** – e-mail:anastasiyastep3@gmail.com; кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; студентка.

**Skorokhod Sergey Vasilievitch** – Southern Federal University; e-mail: sss64@mail.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Ruusia; phone: +78634371746; the department of software engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Stepanova Anastasiya Pavlovna** – e-mail: anastasiyastep3@gmail.com; the department of software engineering; student.

УДК 621.335.2

В.Г. Галалу

### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОД-НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ТРОИЧНОЙ СИММЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

*Троичная система счисления имеет принципиальные арифметические преимущества по сравнению с классической двоичной системой счисления, она более экономична (в 1,5–2 раза) и обладает большим быстродействием (меньше операций сдвига и переносов при выполнении операций сложения, умножения и деления). Основанием системы является число 3. Особенностью троичной системы счисления является использование для представления каждого разряда числа трех цифр  $\{\bar{1}, 0, 1\}$ , т.е. базовая система элементов должна иметь элемент памяти с тремя устойчивыми состояниями. Разработаны простые правила сложения, вычитания и умножения для троичной системы счисления. Очевидно, что одним из первых применений процессора с троичной системой счисления станут управляющие системы, что потребует разработки соответствующих АЦП и ЦАП. Рассмотрены три варианта по-*