

УДК 004.725

Р.С. Слободин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: sloruslan@mail.ru)

К.С. Воробьев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: konstantin.31.12@yandex.ru)

Е.В. Талдыкин, ст. научный сотрудник, НИИЦ ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск, Россия) (e-mail: evgtal85@mail.ru)

Е.В. Непочатых, инженер, НИИЦ ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск, Россия) (e-mail: nevgeney@gmail.com)

СПОСОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЯННЫХ ПАКЕТОВ ПО ПРОТОКОЛУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДЕЙТАГРАММ

В статье описываются существующие способы компенсации потерянных пакетов, имеющие действующие патенты. Проводится краткий анализ этих способов и выявление недостатков в алгоритмах их работы, которые могут приводить к повреждению видео- и аудиопотоков.

В статье предлагается способ компенсации потерянных пакетов, с осуществлением повторной передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм. Описываются структурные схемы приемника и передатчика и алгоритмы их работы. В статье указываются преимущества предложенного способа повторной передачи данных по сравнению с уже существующими способами. Предложенный способ компенсирует недостатки существующих способов, в том числе позволяет практически полностью исключить потерю данных при передаче.

В качестве подтверждения теоретических данных была проведена техническая реализация предложенного способа повторной передачи данных, с измерением времени прохождения пакетов и времени перезапроса. Проведенная реализация позволила подтвердить теоретические данные и доказала, что использование предложенного способа компенсации потерянных пакетов по протоколу пользовательских дейтаграмм позволяет достигнуть положительного эффекта, заключающегося в практически полном исключении потери данных, при сохранении высоких скоростных характеристик.

Описанный в статье способ компенсации имеет патент на изобретение РФ №2610697 «Способ и устройство повторной передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм».

Ключевые слова: компенсация, дейтаграмма, способ, повторная передача, ПЛИС.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-4-45-51

Ссылка для цитирования: Способ осуществления компенсации потерянных пакетов по протоколу пользовательских дейтаграмм / Р.С. Слободин, К.С. Воробьев, Е.В. Талдыкин, Е.В. Непочатых // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 4(73). С. 45-51.

Введение

В последнее время IP-телевидение начинает набирать популярность, и уже сложно найти провайдера, который бы не предоставлял такую функцию своим пользователям. В глобальной коммуникационной сети Интернет, на транспортном уровне в основном используются два протокола – TCP и UDP. Протокол TCP работает в режиме подтверждения приема данных, поэтому обеспечивает ста-

бильную передачу данных. Однако из-за необходимости обработки пакетов подтверждения теряется скорость передачи. Протокол UDP не требует подтверждения передачи данных. Для вещания IP-телевидения применяют протокол UDP. Однако при передаче сжатой мультимедийной информации потеря пакета приводит к повреждению видео- и аудиопотоков. Возникает задача компенсации потерянных пакетов при передаче по UDP протоколу.

Существующие способы компенсации

Известен способ компенсации потери пакетов, изложенный в описании к патенту на изобретение «Устройство и способ для компенсации потери пакетов в режиме передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм» [1]. Способ компенсации при потере пакетов в режиме передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм заключается в том, что при обнаружении утраты пакета запускается первый счетчик времени ожидания. По истечении времени ожидания первого счетчика, отправителю отсылается информация о потерянном пакете, осуществляется запуск второго счетчика времени ожидания, при получении потерянного пакета он вставляется в соответствующую позицию до истечения второго счетчика и процесс компенсации завершается.

Недостатком данного способа является то, что по истечении второго счетчика, при неполучении потерянного пакета, процесс повторной компенсации не выполняется.

Так же известен способ для уменьшения влияний импульсного шума на передачу пакетов данных [2]. Данное изобретение предназначено для уменьшения влияния импульсного шума на передачу пакетов данных по линии связи. Суть способа состоит в том, что передатчик записывает в память недавно переданные пакеты и при приеме запросов повторной передачи пакета, повторно передает некоторое количество данных, начиная с поврежденного пакета. Количество повторно запрашиваемых пакетов зависит от битовой скорости передачи данных и размера передаваемого пакета.

Недостатком данного способа является отсутствие механизма обеспечения

процесса упорядочивания пакетов, что при передаче информации мультимедийного характера будет приводить к видимым помехам. Кроме этого, отсутствует управление памятью для переданных пакетов, что способствует снижению достоверности перезапрашиваемых данных при полном заполнении средства запоминания, переданных пакетов.

Описание способа компенсации потерянных пакетов с осуществлением повторной передачи по протоколу пользовательских дейтаграмм

В статье предлагается отличный от предложенных способ компенсации потерянных пакетов с осуществлением повторной передачи по протоколу пользовательских дейтаграмм. На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма работы передатчика.

В передатчике имеется буфер, в который записываются все данные, поступающие от протокола прикладного уровня и предназначенные для отправки приемнику. На этапе отправки пакета к нему добавляется служебная информация, которая содержит идентификатор передающего устройства, а также тип пакета (пакет с данными или управляющий пакет). Кроме того, для пакета с данными дополнительно указываются номер пакета, а также флаг, определяющий факт повторной передачи.

Полученные от передатчика данные в приемнике записываются в буфер полезной нагрузки и в буфер служебной информации.

В буфере полезной нагрузки данные записываются и читаются по адресу, являющемуся производным от номера пакета. При этом в буфере служебной информации по такому же адресу записывается 1 при записи пакета и 0 при его чтении.

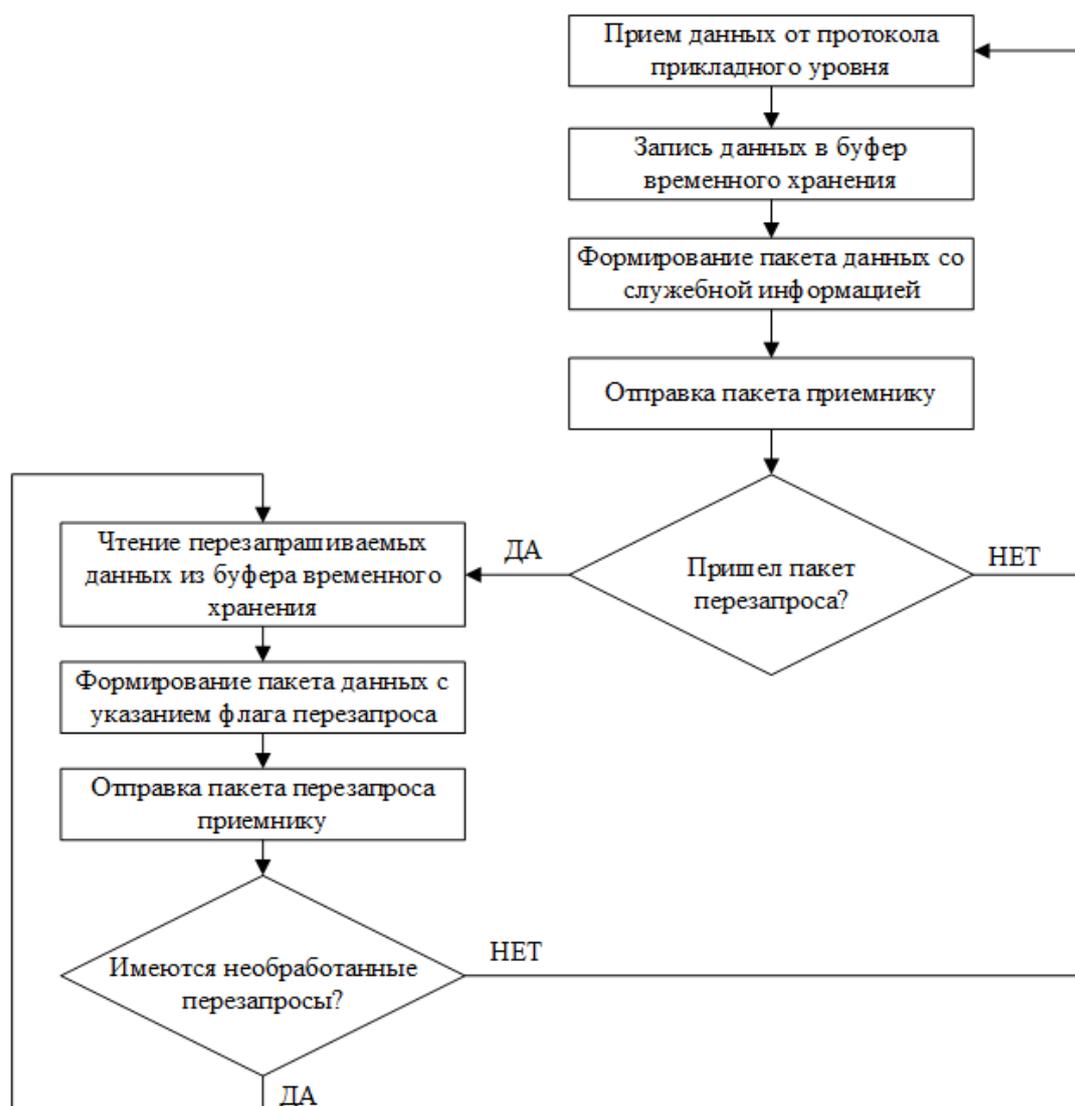


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы передатчика

Так же в приемнике имеется счетчик записанных/прочитанных пакетов, который увеличивается на 1 при записи данных в блок хранения полезных данных и уменьшается на 1 при чтении данных из блока хранения полезных данных.

Ситуация, при которой значение счетчика становится больше 1, говорит о том, что в буфере полезной нагрузки есть данные, готовые для чтения. При возникновении такой ситуации происходит чтение данных из буфера служебной информации начиная с нулевого адреса. С каждым последующим чтением значение адреса чтения увеличивается на 1. Если по

текущему адресу в буфере служебной информации содержится 1, это означает, что по такому же адресу в буфере полезной нагрузки имеются принятые данные. Эти данные читаются и отправляются на блок прикладного уровня, при этом в блоке хранения служебной информации по этому адресу устанавливается 0. При прочтении определенного количества данных, приемник формирует управляющий пакет, в котором указывает количество обработанных данных и отправляет его передатчику. Это сделано для того, чтобы передатчик очищал буфер с данными, которые уже были переданы без

потерь и не будут перезапрошены. Количество данных, при котором приемник отправляет такой пакет, определяется пользователем.

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма работы приемника.

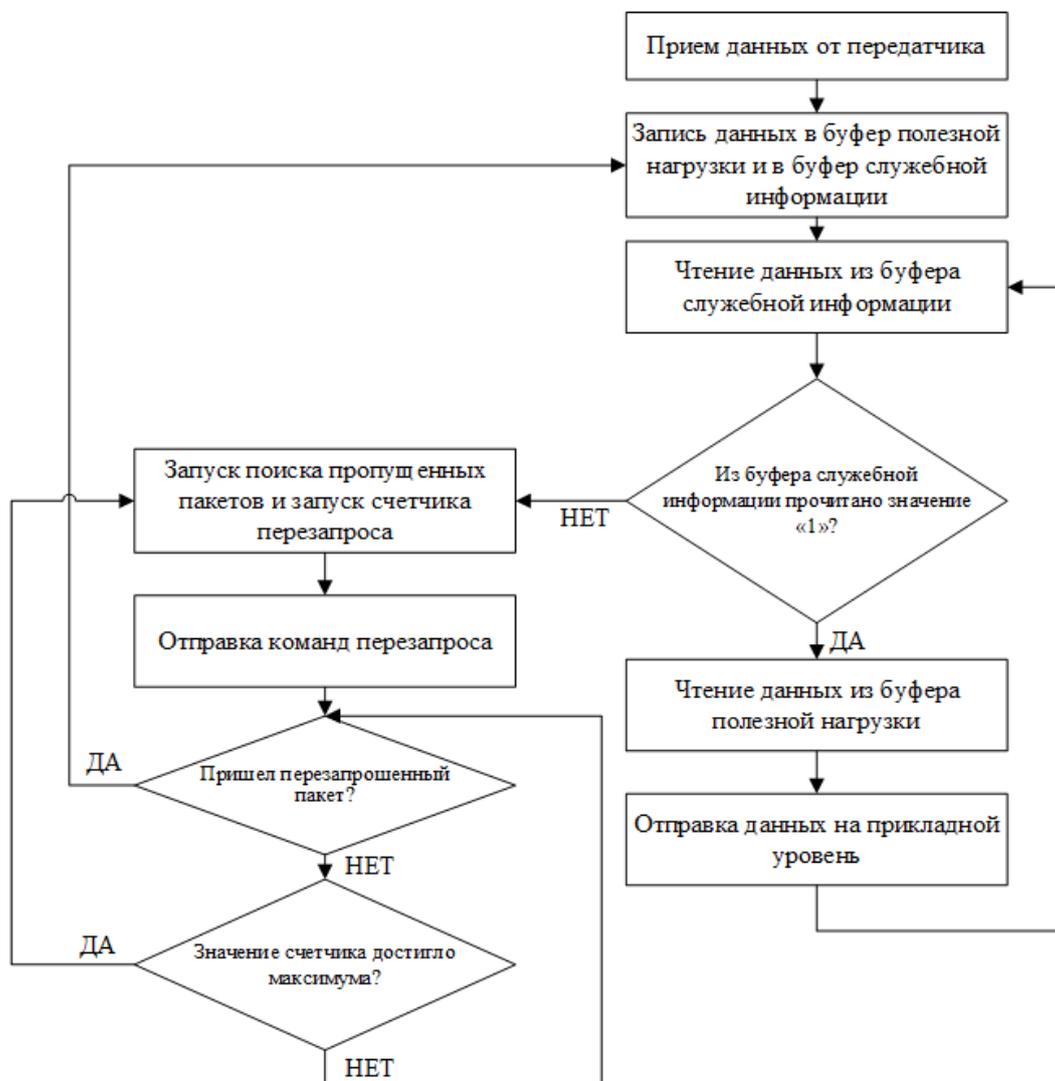


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы приемника

Если при чтении данных из блока хранения служебной информации вычитывается 0, то это означает, что пакет с текущим номером отсутствует в блоке хранения полезных данных и необходимо его повторно запросить у передатчика. Чтение данных из блока хранения полезной информации прекращается, запускается таймер перезапроса и осуществляется поиск пропущенных пакетов. Запоминается адрес последнего записанного пакета и адрес пакета, в котором обнаружен

пропуск. В этом диапазоне производится поиск пропущенных пакетов. Если в блоке хранения служебной информации, по какому-то из адресов диапазона обнаруживается 0, то приемник формирует запрос на повторную передачу пакета с номером, соответствующим адресу, и отправляет этот запрос передатчику. Принимая такой запрос, передатчик формирует повторную передачу нужного пакета, который хранится в буфере, с указанием в поле служебной информации фла-

га повторной передачи пакета. При приеме недостающего пакета приемник записывает его по адресу, в котором был детектирован пропуск, сбрасывает таймер перезапроса и продолжает дальнейшее чтение данных из блока хранения полезной информации. Если таймер перезапроса достигает максимального значения до того, как придет потерянный пакет, то таймер перезапроса сбрасывается и приемник снова запускает поиск пропущенных пакетов с формированием перезапроса.

Для технической реализации способа и устройства повторной передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм была использована плата разработчика Cyclone V DK-DEV-5CGTD9N, на базе ПЛИС фирмы Altera Cyclone V 5CGTFD9E5F35C7N, имеющая в своем составе 512МБ оперативной памяти DDR3 и интерфейс Ethernet 1 Гбит/с.

Для объема ОЗУ 512МБ обеспечивается хранение около 342250 дейтаграмм стандартного размера (не более 1460 байт). Через сетевой интерфейс Ethernet со скоростью передачи 1 Гбит/с за одну секунду можно передать 134217728 (байт в секунду) / (1460 байт полезные данные + 42 байта служебные данные) \approx 89 359 дейтаграмм в секунду. Время перезапроса дейтаграммы будет равно среднему времени прохождения команды Ping. Были проведены замеры времени прохождения команды Ping из сервера, находящегося в Курске, к серверам, находящимся в Южной Америке, Северной Америке и на Дальнем Востоке. Наибольшее значение времени было получено при прохождении команды в Южную Америку – $217 \cdot 10^{-3}$ секунды. За это время по интерфейсу Ethernet со скоростью передачи 1 Гбит/с передается около 19390 дейтаграмм. Что обеспечивает около (342250 дейтаграмм в ОЗУ / 19390 дейтаграмм) \approx 17 возможностей выполнить запрос на дейтаграмму и получить ответ в течение

(342250 дейтаграмм в ОЗУ / 89 359 дейтаграмм в секунду) \approx 3,8 секунд.

Таким образом, достигнут положительный эффект, заключающийся в практически полном исключении потери данных, при сохранении высоких скоростных характеристик.

Вывод

Способ повторной передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм, по сравнению со способами, приведенными выше, позволяет практически исключить потерю данных, так как он при невыполнении перезапроса, возникающего при ненулевом значении коэффициента потерь в сети, повторяет его до переполнения блока хранения полезных данных, в качестве которого выступает оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Список литературы

1. Патент РФ № 2011137334/08, 29.12.2009. Способ и устройство для компенсации потери пакетов в режиме передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм // Патент России № 2501172. 2013. Бюл. № 34. / Юоу Хонгтао, Ванг Фанг, Жоу Маолин, Лиу Джиниан.
2. Патент РФ № 2008136016/08, 02.02.2007. Устройство и способ для уменьшения влияний импульсного шума на передачу пакетов данных // Патент России № 2449479. 2012. Бюл. № 12. / Исебарт Герт Мартен, Ван Акер Катлен Пеги Флоримонд, Вандаль Пит Михель Альберт.
3. Бардин Д.С., Карпунин Е.О. Обеспечение надежной доставки по протоколу UDP с использованием кодов Риды-Соломона // Труды МАИ: Электронный журнал. 2010. №39. URL: <https://www.mai.ru/upload/iblock/3d5/obespecheni-e-nadezhnoy-dostavki-po-protokolu-udp-s-ispolzovaniem-kodov-rida-solomona.pdf>

4. Шинкаренко К.В., Корилов А.М. Восстановление потерь пакетов в компьютерных сетях // Доклады ТУСУРа. 2008. № 2 (18), ч. 2. С. 105-109.

5. Карамышев А.В., Борзов Д.Б., Чернецкая И.Е. Метод и алгоритм загрузки процессоров в мультипроцессорных системах при параллельной обработке данных // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. № 4(61). С. 8 – 12.

6. Слободин Р. С., Воробьев К. С. Перспективы использования процессоров со встроенной программируемой логикой в гибридных вычислительных системах // Образование и наука в современных условиях : материалы X Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 12 март 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. № 1 (10). С. 240–241.

7. Алгоритм и программа автоматизации вычислений, заданных в символьной форме на базе FPGA / Ю.А. Милукин, А.В. Филонович, В.А. Подчукаев, А.Н. Горлов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2014. № 3 (54). С. 13 – 16.

8. Воробьев К. С., Слободин Р. С. Обзор функциональных возможностей сетевых процессоров на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) // Образование и наука в современных условиях : материалы X Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 12 март 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. № 1 (10). С. 221–223.

9. Использование soft-процессоров на основе технологии FPGA для создания доверенной аппаратной платформы/ И.Ю. Жуков, Д.Л. Ефанов, В.Б. Леонов, К.Г. Григорьев // Спецтехника и связь. 2014.

10. Симонов А.М., Корилов А.М. Гибридная архитектура параллельных вычислительных систем // Доклады ТУСУРа. 2012. №2 (26), ч. 1. С. 178–183.

11. Джораев А.Р. Гибридные вычислительные системы на основе GPU для задач биоинформатики // Компьютерные исследования и моделирование. 2010. №2. С. 163–167.

Поступила в редакцию 14.06.17

UDC 004.725

R.S. Slobodin, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia)
(e-mail: sloruslan@mail.ru)

K.S. Vorobjev, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia)
(e-mail: konstantin.31.12@yandex.ru)

E.V. Taldykin, Senior Researcher (e-mail: evgtal85@mail.ru)

E.V. Nepochatych, Engineer (e-mail: nevgeney@gmail.com)

A METHOD OF IMPLEMENTING COMPENSATION FOR LOST PACKETS IN USER DATAGRAM PROTOCOL

The article describes the existing methods of compensation for packet loss that have been patented. A brief analysis of these methods have been carried out and the disadvantages in the algorithms of their functioning have been revealed, which can lead to damage of video and audio streams.

The article proposes a method of compensation for packet loss with retransmission of lost data in user datagram protocol. The flowchart diagrams of the receiver and transmitter and algorithms of their operation are described. The article demonstrates the advantages of the proposed method of data retransmission in comparison with the existing methods. The proposed method compensates the disadvantages of the existing methods among which is data loss during their transmission.

To substantiate theoretical data, an engineering implementation of the proposed method of the data retransmission has been carried out and the packet transmit time and duplicative request time have been measured. The implementation made it possible to confirm the theoretical data and substantiated the fact that application of the proposed method for compensation of lost packets in user datagram protocol allows achieving a positive effect which essentially eliminates data loss while maintaining high speed characteristics.

The method of compensation describes in the article is patented: a patent for invention of the Russian Federation No. 2610697 "A Method and a Device for retransmission of data in user datagram protocol"

Key words: compensation, datagram, method, retransmission, PLID.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-4-45-51

For citation: Slobodin R.S., Vorobjev K.S., Taldykin E.V., Nepochatych E.V. A Method of Implementing Compensation For Lost Packets in User Datagram Protocol. Proceedings of the Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 4(73), pp. 45-51 (in Russ.).

Reference

1. Patent RF № 2011137334/08, 29.12.2009. Способ и устройство для компенсации потери пакетов в режиме передачи данных по протоколу пользовательских дейтаграмм. Патент России № 2501172. 2013. Бюл. № 34. / Juou Hongtao, Vang Fang, Zhou Maolin, Liu Dzhinian.

2. Patent RF № 2008136016/08, 02.02.2007. Устройство и способ для уменьшения влияния импульсного шума на передачу пакетов данных. Патент России № 2449479. 2012. Бюл. № 12. / Isebart Gert Marten, Van Aker Katlen Pegi Florimond, Vandal' Pit Mihel' Al'bert.

3. Bardin D.S., Karpuhin E.O. Обеспечение надежной доставки по протоколу UDP с использованием кодов Риды-Соломона. Труды МАИ: Электронный журнал, 2010, no 39, URL: <https://www.mai.ru/upload/iblock/3d5/obespechenie-nadezhnoy-dostavki-po-protokolu-udp-s-ispolzovaniem-kodov-rida-solomona.pdf>

4. Shinkarenko K.V., Korikov A.M. Восстановление потерь пакетов в комп'ютерных сетях. Доклады TUSURa, 2008, no. 2 (18), chast' 2, pp. 105-109.

5. Karamyshev A.V., Borzov D.B., Cherneckaja I.E. Метод и алгоритм загрузки процессоров в мультипроцессорных системах при параллельной обработке данных. Известия Юго-Западного государственного университета, 2015, no.4(61), pp. 8 – 12.

6. Slobodin R. S., Vorob'ev K. S. Перспективы использования процессоров со встро-

енной программируемой логикой в гибридных вычислительных системах. Образование и наука в современных условиях : материалы X Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 12 март 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. Чебоксары: CNS «Интерактив плюс», 2017, no. 1 (10), pp. 240–241.

7. Алгоритм и программа автоматизации вычислений, заданных в символьной форме на базе FPGA / Ju.A. Miljukin, A.V. Filonovich, V.A. Podchukaev, A.N. Gorlov. Известия Юго-Западного государственного университета, 2014, no. 3 (54), pp. 13 – 16.

8. Vorob'ev K. S., Slobodin R. S. Обзор функциональных возможностей сетевых процессоров на базе программируемых логических интегральных схем (PLIS). Образование и наука в современных условиях : материалы X Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 12 март 2017 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. Чебоксары: CNS «Интерактив плюс», 2017, no. 1 (10), pp. 221–223.

9. Использование soft-процессоров на основе технологии FPGA для создания доверенной аппаратной платформы/ I.Ju. Zhukov, D.L. Efanov, V.B. Leonov, K.G. Grigor'ev. Spectehnika i svjaz', 2014.

10. Simonov A.M., Korikov A.M. Гибридная архитектура параллельных вычислительных систем. Доклады TUSURa, 2012. no. 2 (26), ch. 1, pp. 178–183.

11. Dzhoraev A.R. Гибридные вычислительные системы на основе GPU для задач биоинформатики. Комп'ютерные исследования и моделирование, 2010, no. 2, pp. 163–167.