

УДК 004.772

DOI 10.22213/2410-9304-2018-3-78-83

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ВИДЕО В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ ПОТЕРЬ ПАКЕТОВ

М. М. Емельянова, старший преподаватель, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В. Н. Емельянов, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

А. В. Абилов, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Существуют различные способы передачи видеоданных режима реального времени. Один из наиболее успешных и экономически эффективных вариантов – это одноранговые сети, реализуемые программно в приложениях. Но у данного решения есть и недостатки, заключающиеся в возможном ухудшении качества передачи из-за отключения узлов-передатчиков, плохих каналов связи и ошибок в работе отдельных устройств. Чтобы видеопоток доставлялся до получателей без ошибок и потерь, применяются различные механизмы повышения помехоустойчивости, такие как избыточное кодирование (FEC), повторная передача (ARQ) и кодирование с множественным описанием (MDC), у каждого из которых есть свои недостатки. В статье приводится описание разработанного гибридного алгоритма коррекции потерь пакетов. Подробно описывается его реализация в приложении для серверного и клиентского устройств. Для оценки эффективности разработанного гибридного алгоритма проведен ряд экспериментов. Полученные при различных начальных условиях результаты значений коэффициента потерь пакетов гибридного алгоритма коррекции потерь сравниваются с результатами для алгоритма ARQ при аналогичных условиях.

Ключевые слова: гибридный алгоритм, одноранговые сети, коэффициент потерь, клиент, сервер, потоковое вещание, ARQ, FEC.

Введение

Одноранговые приложения для передачи информации в сети Интернет используются достаточно давно как экономически выгодное решение для крупных сетей с большим количеством получателей данных. Что нашло применение для обмена файлами, потоковых трансляций видео и телефонии. Принципы передачи данных в одноранговых сетях используются и в сенсорных сетях, и в развивающемся Интернете вещей. При этом в настоящее время наибольшую часть интернет-трафика составляют видеоданные (более 40 %, согласно отчетам компании Cisco [1]).

Для организации видеовещания режима реального времени в сети Интернет чаще всего применяются одноранговые приложения. Но у этого эффективного решения есть и недостатки, заключающиеся в возможном ухудшении качества передачи из-за отключения узлов-передатчиков, плохих каналов связи и ошибок в работе отдельных устройств. Для того чтобы трансляция воспроизводилась непрерывно на принимающей стороне, применяются различные механизмы помехоустойчивости, такие как избыточное кодирование (FEC) [2, 3], повторная передача (ARQ) и кодирование с множественным описанием (MDC), у каждого из которых есть недостатки: при использовании FEC вво-

дится избыточность, что требует большей пропускной способности канала и большего буфера памяти [4, 5]; при ARQ – могут возникать теоретические задержки в приеме повторных кадров; при MDC – необходима достаточно сложная реализация на прикладном уровне, что ведет к увеличению необходимой пропускной способности канала.

В работе предлагается реализация гибридного алгоритма коррекции потерь, который использует преимущества FEC и ARQ.

Реализация гибридного алгоритма коррекции потерь пакетов

В гибридном алгоритме используется алгоритм FEC совместно с обменом квитанциями ARQ. Рассмотрим детально, как был реализован гибридный алгоритм в приложении сервере (далее – сервер) и приложении клиенте (далее – клиент) для проведенного эксперимента.

Наименьший элемент видеоизображения (блок) содержит 16 байт информации. При кодировании FEC блок снабжается избыточными пакетами в размере 4 дополнительных байтов. В результате при работе алгоритма FEC блок имеет размер в 20 байт.

Информационным пакетам на сервере присваивается идентификатор ID = 1. Назначение идентификаторов ID = 2 – это квитанция NACK о неуспешности доставки и ID = 3 – сообщение

о том, что запрашиваемый клиентом пакет с помощью NACK не может быть отправлен, так как его уже нет в буфере сервера; ID = 4 присваивается избыточным пакетам.

На клиента в первую очередь отправляются пакеты, имеющие наивысший приоритет: с точки зрения качества восприятия видео потеря I-кадра значительнее, чем потеря пакета, содержащего данные B-кадра. Хранящий пакеты видеоданных буфер имеет конечный размер, поэтому в процессе работы приложения данные записываются в него по одному пакету и также по одному пакету выгружаются. В результате чего может возникнуть ситуация, когда по запросу клиента на повторную передачу потерянного пакета сервер не обнаружит данный пакет в своем временном буфере. В таком случае сервер отправляет клиенту сообщение с ID = 3 о том, что этого пакета на сервере уже нет.

На клиенте пакеты (как информационные, так и избыточные), принимаемые от сервера, записываются во временный буфер. В случае потери восстановленные после декодирования пакеты снова перезаписываются в этот буфер. В цикле пакеты из буфера постоянно посылаются на приложение VLC, где происходит воспроизведение полученного видеопотока.

На сервере вводится временный буфер для хранения данных видеопотока перед их отправкой на клиентское приложение. После того как получены 16 информационных пакетов, появляется необходимость получить избыточные пакеты.

На клиенте данные ARQ, полученные от сервера, могут быть записаны в два буфера: один из них предназначен для хранения пакетов видеопотока, отправляемых после приема с сервера на проигрыватель VLC (Буфер Б); другой – для хранения номеров пакетов, которые были потеряны в результате передачи их по каналу связи от сервера клиенту и на них был отправлен повторный запрос (ГОП – группа ожидаемых пакетов).

Буфер Б, предназначенный для хранения пакетов видеоданных, так же, как и на сервере, ограничен в размере, при этом размер буфера Б создается в процессе работы алгоритма таким образом, что время прохождения одного пакета от момента поступления его в буфер до выгрузки из него не превышает определенного времени (100 мс). Что необходимо для того, чтобы в процессе воспроизведения видео на проигрывателе VLC не возникало задержек и искажений.

На рис. 1 представлена блок-схема, описывающая работу гибридного алгоритма на клиенте.

Поскольку беспроводной канал связи сильно подвергается помехам, потери могут быть достаточно высокими, и потеряться могут не только информационные пакеты, но также и избыточные. Запрос на повторную передачу пакета осуществляется только для информационных пакетов. В случае когда обнаружено отсутствие при приеме избыточного пакета, запрос на повторную передачу отправлен не будет.

Описание эксперимента по реализации гибридного алгоритма

Задача гибридного алгоритма заключается в уменьшении потерь пакетов по сравнению с исходными алгоритмами ARQ и FEC. Поэтому полученные в результате эксперимента показатели сравниваются с данными, полученными при исследовании указанных алгоритмов.

Эксперимент проведен в беспроводной локальной сети стандарта IEEE 802.11g, в которой возникновение ошибок имитировалось программно с помощью модели Гильберта [6]. Данная модель встроена в программную реализацию сервера и имитирует потери пакетов.

Схема проведения эксперимента представлена на рис. 2. Для проведения эксперимента использовались два ноутбука (обозначены на схеме ПК1 и ПК2), имеющие подключение к сети, и следующее программное обеспечение:

- видеопроигрыватель VLC;
- экспериментальное приложение (клиентское консольное приложение на ПК2 и серверное консольное приложение на ПК1).

Данные видеопотока считываются серверным приложением по протоколу RTP от видеопроигрывателя VLC, формирующего этот поток. Затем по беспроводному каналу серверное приложение компьютера ПК1 передает данные клиентскому приложению компьютера ПК2, имитируя при этом (с помощью модели Гильберта) с заданной вероятностью потери пакетов. Клиентское приложение в режиме реального времени считывает полученные данные, фиксирует количество потерянных и восстановленных пакетов и далее отправляет видеопоток также по протоколу RTP на видеопроигрыватель VLC. С помощью видеопроигрывателя VLC после восстановления потерянных пакетов возможна визуальная оценка качества принимаемого видео.

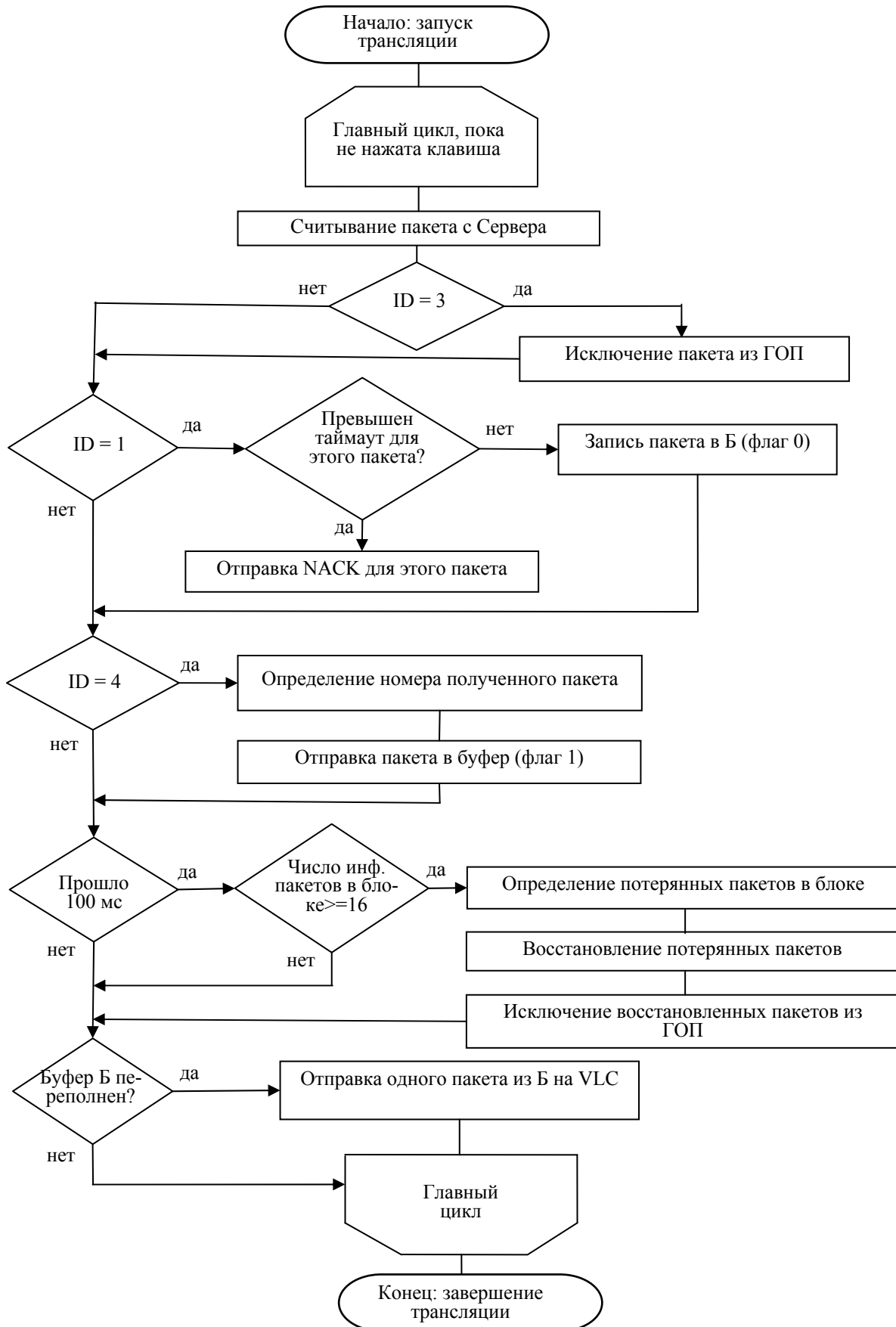


Рис. 1. Блок-схема гибридного алгоритма приложения-клиента

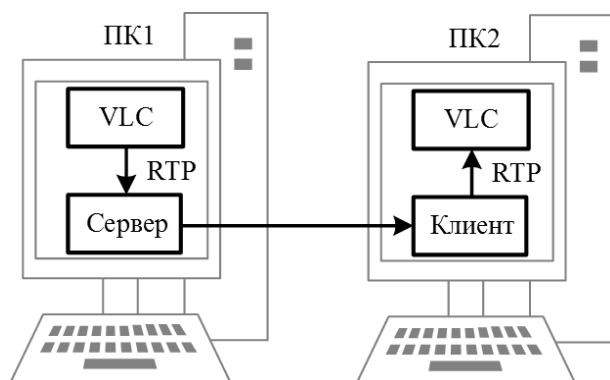


Рис. 2. Схема проведения эксперимента

В качестве транслируемого видеопотока использовалась эталонная видеопоследовательность [7]. Входными задаваемыми параметрами при проведении эксперимента являлись вероятность потерь пакетов P и средний размер пачки потерянных пакетов L (пачечность).

Выходным параметром является коэффициент потерь пакетов PLR после коррекции.

Коэффициент потерь пакетов определяется по следующей формуле:

$$PLR = \frac{N_L}{N_R}, \quad (1)$$

где N_L – количество потерянных пакетов; N_R – общее количество отправленных пакетов.

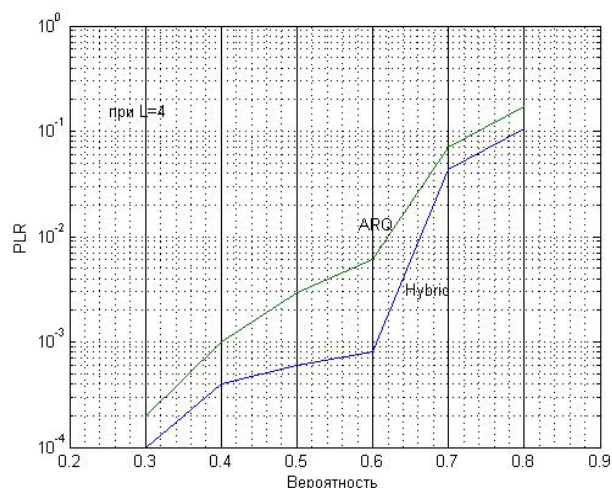
Коэффициент потерь пакетов на выходе системы является нормируемой величиной и может принимать значения до $1 \cdot 10^{-3}$ [8]. В ходе эксперимента было запланировано проведение измерений PLR на выходе при следующих задаваемых значениях на входе системы:

- пачечности $L = 4, 10, 15$ и 20 пакетов;
- вероятности потерь пакетов $p = 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$ и $0,8$.

Измерения PLR проводились с помощью программы, реализующей алгоритм ARQ, и программы, реализующей гибридный метод коррекции потерь пакетов. Затем было проведено сравнение полученных результатов.

Анализ эффективности работы гибридного алгоритма

В результате проведенного эксперимента измерен коэффициент потерь пакетов. Полученные данные представлены на рис. 3, показывают зависимость PLR от вероятности потерь P в канале для гибридного алгоритма и алгоритма ARQ при пачечности, равной 4.

Рис. 3. Значения PLR для алгоритмов ARQ и гибридного при $L=4$

Так, для пачечности $L = 4$, PLR превышает значение 0,001 для алгоритма ARQ при вероятности потерь пакетов P , равной 0,4, а для гибридного алгоритма – при $P > 0,6$.

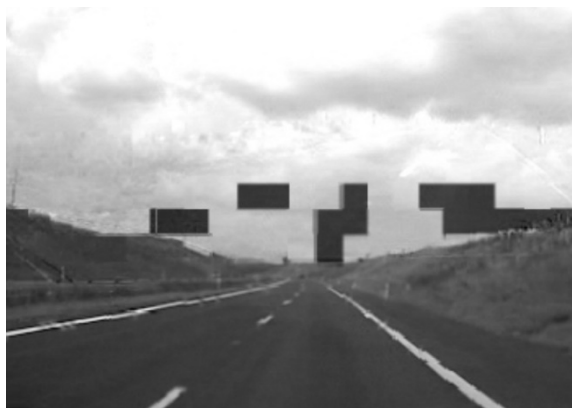
В таблице приведены значения вероятности потерь пакетов, при которых достигается приемлемое качество видео (при $PLR = 0,001$ и заданном значении пачечности L).

Значение вероятности потерь пакетов, при котором достигается приемлемое качество видео для алгоритмов ARQ и Hybrid

Пачечность L , пакеты в пачке	P , алгоритм ARQ	P , гибридный алгоритм
4	0,4	0,6
10	0,32	0,41
15	<0,2	0,36
20	<0,2	0,34

Из таблицы и рис. 3 видно, что гибридный алгоритм позволяет обеспечить приемлемое качество передаваемого видео при более высокой вероятности потерь пакетов в канале (в среднем в 1,5 раза большей), чем алгоритм ARQ. Следовательно, гибридный алгоритм способен работать при худших параметрах канала передачи.

Визуальная оценка кадров видеозображения подтверждает преимущество гибридного алгоритма над ARQ в эффективности восстановления потерянных фрагментов. На рис. 4 представлены кадры видеозображения, полученного при трансляции эталонного видео при использовании алгоритмов ARQ (рис. 4, а) и гибридного (рис. 4, б). Данные получены при одинаковых условиях проведения эксперимента. Средний размер пачки потерянных пакетов $L = 4$, вероятность потери пакетов $P = 0,6$.



а



б

Рис. 4. Кадры видеозображения, полученные при трансляции:
а – с использованием алгоритма ARQ; б – с использованием алгоритма Hybrid

На рис. 4 видно, что при заданной вероятности потерь пакетов алгоритм ARQ не обеспечивает должного качества видео, на картинке появляются артефакты. В аналогичных условиях гибридный алгоритм выполняет полное восстановление потерянных данных, на экране воспроизводится четкое изображение.

Заключение

По полученным в результате эксперимента данным можно сделать вывод, что при заданном значении пачечности L и вероятности потерь пакетов P коэффициент потерь PLR оказывается выше для алгоритма ARQ. Например, при $L=4$ и $P=0,4$ для гибридного алгоритма $PLR = 4 \cdot 10^{-4}$, а для ARQ – $PLR = 1 \cdot 10^{-3}$. Это говорит о том, что восстановление утраченных пакетов алгоритмом ARQ проходит менее эффективно, чем разработанным гибридным алгоритмом при одинаковых условиях.

Библиографические ссылки

1. Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2010-2015. White Paper, June 2011.
2. Ревило О. А., Емельянов В.Н., Абилов А. В. Алгоритмы оценки потерь пакетов с адаптацией по выборке для сетей передачи потоковых данных // T-Comm – Телекоммуникации и транспорт. 2012. № 7. С. 161–164.
3. Saleh B., Qiu D. Performance Analysis of Network-Coding-Based P2P Live Streaming Systems // IEEE/ACM Transactions on Networking (Volume: 24, Issue: 4, Aug. 2016). – pp. 2140 – 2153. doi:10.1109/TNET.2015.2448597
4. Емельянов В. Н., Павлова М. М. Адаптивные алгоритмы коррекции потерь пакетов в одноранговых сетях передачи потоковых данных // Интеграция науки, образования и производства – 2010. Приборостроение в XXI веке : сб. материалов VI Всерос. науч.-техн. конф. (Ижевск, 7–9 декабря 2010 г.).

Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. С. 216–222. ISBN 978-15-7526-0484-3.

5. Эффективность алгоритма ARQ прикладного уровня для передачи потоковых данных в сетях WLAN / М. М. Павлова, А. В. Абилов, А. В. Чунаев, В. Н. Емельянов // Интеграция науки, образования и производства – 2010. Приборостроение в XXI веке : сб. материалов VI Всерос. науч.-техн. конф. (Ижевск, 7–9 декабря 2010 г.). Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. С. 233–238. ISBN 978-15-7526-0484-3.

6. Ali M., Issaei A., Qiu D. Markov chain model for data-delivery P2P streaming applications // Communications and Networking in China (ChinaCom), 2015 10th International Conference on. doi:10.1109/CHINACOM.2015.7497920.

7. YUV Video Sequences [Электронный ресурс]. URL: <http://trace.eas.asu.edu/yuv> (дата обращения: 05.06.2017).

8. ITU-T Rec. Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. Prepublished version. 02/2006. 46 с.

References

1. Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2010-2015. White Paper, June 2011.
2. Revilo O. A., Emelianov V.N., Abilov A. V. [Algorithms for the estimation of packet loss with sampling adaptation for network streaming data]. *T-Comm – Telekommunikacii i transport*, 2012, no. 7, pp. 161-164. (in Russ.).
3. Saleh B., Qiu D. (2016) *Performance Analysis of Network-Coding-Based P2P Live Streaming Systems*. IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 24, no. 4, pp. 2140-2153. DOI: 10.1109/TNET.2015.2448597.
4. Emelianov V. N., Pavlova M. M. *Adaptivnyye algoritmy korrekcii poter' paketov v odnorangovyh setyah peredachi potokovyh dannyh* [Adaptive algorithms for packet loss correction in peer-to-peer streaming data networks]. *Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – 2010. Priborostroenie v XXI veke (Izhevsk, 7–9 dekabrya 2010 g.)* [Proc. Integration of science, education and production - 2010. Instrument making in the

XXI century: Sat. materials VI Vseros. scientific-techn. Conf. (Izhevsk, December 7-9, 2010)], pp. 216–222. ISBN 978-15-7526-0484-3 (in Russ.).

5. Pavlova M. M., Abilov A. V., Chunaev A. V., Emelianov V. N. (2011) *Effektivnost' algoritma ARQ prikladnogo urovnya dlya peredachi potokovyh dannyh v setyah WLAN* [The efficiency of the ARQ algorithm on application layer for transmitting streaming data in wireless LANs]. *Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – 2010, Priborostroenie v XXI veke (Izhevsk, 7–9 dekabrya 2010 g.)*, [Proc. Integration of science, education and production - 2010. Instrument making in the XXI century: Sat. materials VI Vseros. scientific-techn.

Conf. (Izhevsk, December 7-9, 2010)], pp. 233–238. ISBN 978-15-7526-0484-3 (in Russ.).

6. Ali M., Issaei A. and Qiu D. (2015) *Markov chain model for data-delivery P2P streaming applications*. 10th International Conference on Communications and Networking in China (ChinaCom)(CHINACOM), Shanghai, China, pp. 111-116. doi:10.1109/CHINACOM.2015.7497920.

7. YUV Video Sequences, available at <http://trace.eas.asu.edu/yuv> (accessed July 2017).

8. ITU-T Rec. Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. Prepublished version. 02/2006. 46 p.

Improving the Quality of Video Transmission in a Wireless Network by Using a Hybrid Packet Loss Correction Algorithm

M. M. Emelianova, Senior teacher, Kalashnikov ISTU

V. N. Emelianov, PhD in Engineering, Associate professor, Kalashnikov ISTU

A. V. Abilov, PhD in Engineering, Dean of Instrumentation Engineering Faculty, Kalashnikov ISTU

There are different ways of transmitting real-time video data. One of the most successful and cost-effective options is peer-to-peer networks, implemented as a software. But this solution has some drawbacks, for example, possible degradation of the transmission quality due to the disconnection of the transmitter nodes, poor communication channels and errors in operation of some devices. To ensure that the video stream is delivered to the recipients without errors and losses, various enhancement mechanisms are used, such as forward error correction (FEC), automatic repeat request (ARQ) and multiple description coding (MDC). All mechanisms have drawbacks. The paper describes the developed hybrid algorithm for packet loss correction. Its implementation in software for the server and client devices is considered in details. To evaluate the effectiveness of the developed hybrid algorithm, a number of experiments was performed. The results of the values of packet loss coefficient of the hybrid loss compensation algorithm are compared with the results for the ARQ algorithm under similar conditions.

Keywords: hybrid algorithm, peer-to-peer networks, loss factor, client, server, streaming, ARQ, FEC.

Получено: 06.08.18