

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТА СВЯЗИ ПРОТОКОЛАМИ RTSP-ВИДЕОВЕЩАНИЯ В ЗАДАЧАХ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Ходнев Т.А., Варфоломеев А.Ю.
*Кафедра КЭВА, Факультет Электроники,
КПИ им. Игоря Сикорского, Украина
E-mail: thodnev@gmail.com*

Evaluating the efficiency of communication path utilization by RTSP broadcasting protocols in tasks of real-time video sequences transmission

In this paper, a method for estimating the efficiency of communication path usage by network protocols in the form of a number - the payload coefficient is proposed. Using the proposed method, the payload coefficient for the RTSP broadcasting protocols and the communication path based on an IP network with a point-to-point topology and an Ethernet frame was estimated.

Протоколы RTSP-видеовещания (связка RTSP – Real Time Streaming Protocol, RTP – Real-time Transport Protocol, RTCP – Real-time Transport Control Protocol) обладают низкой задержкой, дают возможность гибко управлять параметрами передаваемого видеопотока и широко применяются для организации трактов передачи видеопоследовательностей в реальном времени [1]. Тем не менее, протоколы RTSP и RTP работают на прикладном уровне модели OSI (Open Systems Interconnection), в связи с чем возникает вопрос относительно эффективности использования ими тракта связи [1, 2]. Исходя из того, что сведения о соотношении полезной нагрузки к общему объему передаваемых данных играют важную роль при разработке требований к телекоммуникационным сетям и их проектировании, а также оказывают влияние на их экономико-эксплуатационные параметры, разработка соответствующих способов оценки доли полезной нагрузки в передаваемых данных имеет высокую актуальность.

В работе предложен способ, позволяющий на основе экспериментальных данных оценивать меру эффективности использования тракта связи задействованными в нем протоколами (под эффективностью понимается показатель – коэффициент полезной нагрузки), строить математические модели зависимости коэффициента полезной нагрузки от параметров тракта, определять необходимую пропускную способность тракта при выбранных протоколах, сравнивать конкурирующие протоколы между собой по критерию эффективности использования тракта.

Из теоремы Шеннона [3] следует, что передача данных по каналу связи возможна тогда и только тогда, когда производительность источника

передаваемых данных не превышает пропускной способности канала (1).

$$S_C \geq H[S_S] , \quad (1)$$

где S_C – битовая скорость канала связи, бит/с; S_S – битовая скорость потока передаваемых данных, бит/с; $H[\bullet]$ – оператор информационной энтропии [3].

Для протоколов, не выполняющих сжатия данных, без учета возможности ошибочной передачи данных (будет учтено далее), неравенство (1) может быть записано в упрощенном виде (2).

$$S_C \geq S_S ; \quad (2)$$

Тогда разницу между битовыми скоростями потока передаваемых данных и канала связи можно учесть путем введения коэффициента полезной нагрузки, отражающего эффективность задействования пропускной способности тракта связи используемыми протоколами (3).

$$\overline{S}_C \cdot K_R = \overline{S}_S , \quad (3)$$

где \overline{S}_C – средняя битовая скорость канала связи, бит/с; \overline{S}_S – средняя битовая скорость потока передаваемых данных, бит/с; K_R – коэффициент полезной нагрузки ($0 < K_R \leq 1$).

В выражении (3), при необходимости, коэффициент полезной нагрузки K_R позволяет учитывать возможные накладные расходы, связанные с ошибками передачи данных в тракте связи. Более того, для сетей, построенных по многоуровневой модели OSI, K_R может быть подвергнут дальнейшей поуровневой декомпозиции.

Суть декомпозиции K_R состоит в следующем. В процессе передачи потока данных, на каждом последующем низлежащем уровне OSI выполняется дополнение PDU (Protocol Data Unit) предыдущего уровня заголовками, а также инкапсуляция и/или фрагментация данных. В результате, при отсутствии сжимающих преобразований, объем передаваемых данных на каждом последующем уровне OSI возрастает [2]. Таким образом, условие аналогичное (3) выполняется для каждого из уровней модели и результирующий коэффициент полезной нагрузки K_R может быть представлен в виде произведения коэффициентов полезной нагрузки каждого уровня OSI (4).

$$K_R = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_7 = \prod_{i=1}^7 k_i , \quad (4)$$

K_R – результирующий коэффициент полезной нагрузки ($0 < K_R \leq 1$); k_i – коэффициент полезной нагрузки каждого из 7-ми уровней OSI ($0 < k_i \leq 1$).

Таким образом, декомпозиционный подход предоставляет широкие возможности для анализа экспериментальных данных пропускной способности сети, построения моделей, прогнозирования, анализа влияния каждого из уровней модели OSI на итоговую производительность сети и нахождения «узких мест» в производительности.

Предложенный способ использован для экспериментальной оценки эффективности использования протоколами RTSP-видеовещания тракта связи на основе IP-сети с топологией точка-точка и кадром формата Ethernet. Стоит заметить, что сам по себе протокол RTSP реализует управление потоком медиаданных, в то время как за передачу самих данных отвечает протокол RTP, а протокол RTCP осуществляет управление передачей данных в реальном времени [1].

В Linux-окружении была создана пара связанных виртуальных Ethernet-интерфейсов, допускающих передачу jumbo-фреймов (с MTU равным 65536). В качестве RTSP-медиа сервера использовался VideoLan VLC [4] версии 3.0.1, в качестве медиаплеера – MPlayer [5] версии 1.3.0. Для потокового вещания было отобрано 16 видеороликов длительностью от десяти секунд до одного часа с разной динамичностью картинки и произведено их предварительное кодирование в формат H.264 с заданием среднего битрейта равным 1700 бит/с. В качестве транспортного контейнера потока использовался MPEG-TS. Время кеширования потока медиаплеером задано равным 300 мс.

Было выполнено вещание и воспроизведение выбранных видеороликов с одновременным захватом фреймов виртуального Ethernet-интерфейса утилитой Wireshark [6] с последующим разделением трафика на RTCP-, RTSP- и RTP-составляющие и его дискретизацией с интервалом 1 с. На рис. 1 показаны результирующие графики битовых скоростей для видеоролика длительностью 205 с.

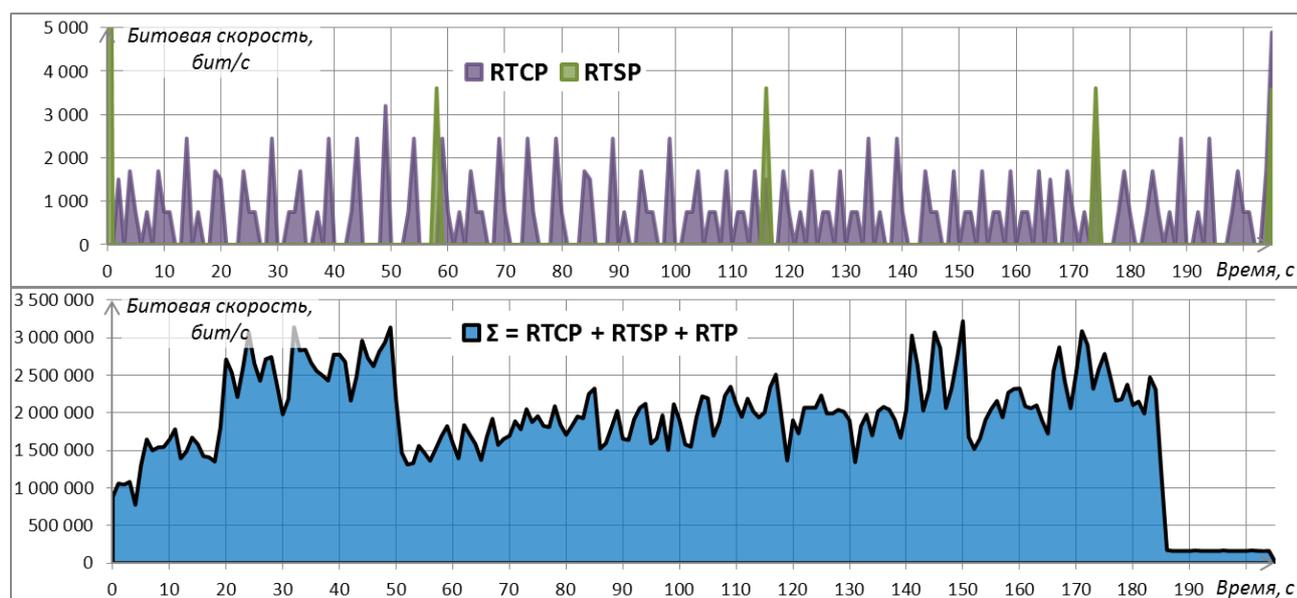


Рисунок 1 – Битовые скорости RTSP-видеовещания

В ходе дальнейшего анализа с использованием соотношения (3) были рассчитаны средние значения коэффициента полезной нагрузки для каждого

транслируемого видеоролика как отношение средней битовой скорости суммарного потока RTCP+RTSP+RTP на канальном уровне OSI к заданной средней битовой скорости видеопотока. По результатам эксперимента, коэффициент полезной нагрузки лежит в пределах $0.922 \div 0.954$. Также была проанализирована динамика изменения битовой скорости тракта. В ходе эксперимента максимальная битовая скорость не превышала 3.42 Мбит/с, со средним значением в $1.78 \div 1.84$ Мбит/с и его среднеквадратичным отклонением не более 0.49 Мбит/с.

Выводы. В работе предложен способ, позволяющий на основании экспериментальных данных оценить эффективность использования тракта связи сетевыми протоколами в виде коэффициента полезной нагрузки.

Способ применен с целью определения коэффициента полезной нагрузки для протоколов RTSP-видеовещания (RTSP, RTP, RTCP) при передаче видеопоследовательностей реального времени для IP-сети с топологией точка-точка и кадром формата Ethernet.

На основании полученных результатов можно утверждать о сравнительно высокой эффективности задействования тракта связи семейством RTSP-протоколов видеовещания. В то же время, достаточно высокое значение максимальной битовой скорости тракта и отношения среднеквадратичного отклонения к средней битовой скорости свидетельствует о требовании в обеспечении запаса максимальной пропускной способности тракта, превышающей скорость передаваемого медиапотока.

Предложенный способ может быть использован для оценки эффективности используемых сетевых протоколов, построения соответствующих математических моделей, расчета необходимой пропускной способности тракта связи и сравнения конкурирующих протоколов между собой по критерию эффективности использования ими тракта связи.

Литература

1. Video Over IP: IPTV, Internet Video, H.264, P2P, Web RV, and Streaming: a Complete Guide to Understanding the Technology / W. Simpson – 2e изд. – Elsevier/Focal Press, 2008. – 500 с. – ISBN 978-0240810843.
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / Олифер В. Г., Олифер Н. А. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 944 с. ISBN 978-5-49807-389-7.
3. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи / В.А. Варгаузин, И.А. Цикин – СПб.: БХВ-Петербург, 2013 – 352 с. – ISBN 978-5-9775-0878-0.
4. VLC: Official site [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://videolan.org/>
5. MPlayer – The Movie Player [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://mplayerhq.hu/>
6. Wireshark [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://wireshark.org/>