

РОЛИК А.И.,  
 ГАЛУШКО Д.А.,  
 БАРИНА В.В.,  
 ТОМАЩУК А.В.,  
 ЯСОЧКА М.В.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СЕРВИСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА

Предложен метод оценки качества предоставления мультимедийных сервисов. Метод использует технологию DPI для получения значений параметров, оказывающих влияние на качество предоставления сервисов. Для оценки качества предоставления мультимедийных сервисов используется нейросетевой классификатор РБФ типа. Продемонстрирована реализация метода на примере услуги VoIP.

Maintaining the high quality of services is necessary in order to be competitive for internet provider. In this article the method for determine the quality of multimedia services is proposed. Method uses DPI to obtain the values of the parameters affecting the quality of multimedia services. The RBF neural network classifier is used for evaluating the quality of multimedia services. Implementation of the method is demonstrated on the example of service VoIP.

### Введение

Жесткая конкурентная борьба на рынке предоставления телекоммуникационных услуг вынуждает операторов телекоммуникационных сервисов (ОТС) постоянно вкладывать существенные средства в поддержание высокого качества предоставляемых ими услуг. Особенно требовательными к качеству являются услуги, связанные с передачей мультимедийной информации, такие как VoIP, IPTV и др. Это объясняется тем, что при оценке качества мультимедийных сервисов большой вес имеет субъективная составляющая, определяемая мнением пользователей. Для управления уровнем услуг ОТС используют различные системы управления инфраструктурой (СУИ). Основными задачами СУИ являются: оценка текущего состояния телекоммуникационной сети, оценка фактического уровня услуг и последующее управляющее воздействие на сетевую инфраструктуру для восстановления высокого качества услуг в случае его ухудшения. Поэтому данная работа, посвященная разработке метода оценки качества предоставления мультимедийных сервисов, является актуальной.

### Анализ проблемы контроля качества предоставления мультимедийных сервисов

Конкурентоспособность операторов существенно зависит от стабильности поддержания высокого уровня предоставления услуг по пе-

редаче мультимедийной информации и от величины затрат на поддержание этого уровня. Значения показателей качества предоставления услуг согласовываются с пользователями и фиксируются в соответствующем соглашении об уровне обслуживания – SLA. При этом каждый ОТС организует свою работу с учетом следующего критерия:

$$C \Big|_{q_i = const} \rightarrow \min, \forall i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $C$  – затраты оператора на поддержание согласованного уровня услуг,  $q_i$  — согласованное качество предоставления отдельной  $i$ -й услуги,  $i = \overline{1, N}$ .

Поскольку поддержание  $q_i = const, i = \overline{1, N}$  – это сложная техническая и организационная задача, то ОТС ставят перед собой задачу не по поддержанию качества услуг на стабильно высоком уровне, а осуществляют оперативное управление сетевой инфраструктурой таким образом, чтобы обеспечивалось

$$q_{k,i} - q_{k,i}^* \rightarrow 0, \forall k, i, \quad (2)$$

где  $q_{k,i}$  и  $q_{k,i}^*$ ,  $k = \overline{1, M}$  – соответственно, целевое и фактическое значения  $k$ -го показателя качества  $i$ -й услуги.

Для выполнения условия (2) может использоваться предложенный в [2] декомпозиционно-компенсационный подход к управлению уровнем услуг, предполагающий выделение дополнительных сетевых и вычислительных ресурсов сервисам, качество которых ниже требуемого.

Целевые значения  $q_{k,i}, \forall k, i$  фиксируются в SLA. За нарушение SLA ОТС выплачивают штрафы, а частые и существенные нарушения SLA приводят к потере клиентов. Что же касается определения фактических значений показателей качества  $q_{k,i}^* \rightarrow 0, \forall k, i$ , то ОТС стремятся решать эту достаточно сложную и трудоемкую техническую задачу с минимальными затратами.

В [1] решается задача оценки ожидаемого качества предоставления мультимедийных услуг на основании анализа значений параметров трафика мультимедийной информации, проходящего через узлы сети. При этом производится определение значений совокупности параметров трафика, оказывающих влияние на качество предоставления мультимедийных сервисов, с последующим применением методов теории распознавания образов для оценки уровня этих сервисов.

Предложенный в [1] метод, отличаясь простотой и низкими затратами на его реализацию, позволяет оценить предполагаемое качество сервиса у группы абонентов, подключенных к рассматриваемому узлу сети и не позволяет оценить текущее качество для каждого абонента в отдельности. Кроме того, метод отличается существенной погрешностью. Это не позволяет использовать предложенный метод для управления уровнем услуг (SLM) относительно отдельного пользователя.

Поэтому в подсистемах SLM, являющихся частью СУИ, особое внимание уделяется методам получения оценок качества сервисов в месте подключения отдельного пользователя. В таком случае для оценки качества мультимедийных сервисов, предполагающих передачу аудио и видео данных, применяются методы, связанные с субъективной и объективной оценкой качества. Субъективные методы основаны на использовании MOS-подобных оценок [3] качества передачи голосовых сообщений или изображения. Субъективная оценка требует участия экспертов, выставляющих оценки и располагающихся в том месте, где производится оценка качества сервисов. Это делает невозможным применение подобных методов при оперативном управлении уровнем услуг, а также для автоматизации процессов мониторинга текущего качества мультимедийных сервисов. Поэтому ОТС при оперативном управлении применяют в СУИ методы объективного оце-

нивания качества мультимедийных сервисов, таких как VoIP или IPTV [4-8].

Автоматизация мониторинга уровня предоставления телекоммуникационных услуг предполагает наличие в СУИ модуля оценки качества сервисов (МОКС), сопоставляющего значения параметров сетевого трафика, показателей качества функционирования сетевой инфраструктуры и других данных, которые можно измерить в сетевом оборудовании с MOS-оценками [1]. При этом неотъемлемой частью МОКС является классификатор, который предварительно обучается с использованием значений параметров  $p_{j,k,i}, j = \overline{1, L}$ , оказывающих влияние на  $k$ -й показатель  $q_{k,j}^*$  качества  $i$ -й услуги  $s_i, i = \overline{1, N}$ , и MOS-оценок  $m_l, l = \overline{1, K}$ , где  $K$  – количество градаций качества при MOS-оценивании.

Среди множества методов получения значений параметров  $p_{j,k,i}, j = \overline{1, L}, k = \overline{1, M}, i = \overline{1, N}$  особый интерес представляют методы, основанные на анализе значений пакетов данных, содержащих мультимедийную информацию. Такую возможность предоставляет технология Deep Packet Inspection (DPI). Повышенный интерес ОТС к применению технологии DPI для решения разнообразных задач в современных СУИ обусловлен тем, что в настоящее время для анализа сетевых пакетов по их содержанию не требуется дорогостоящего оборудования. Интерес авторов к применению технологии DPI для оценки качества предоставления мультимедийных сервисов обусловлен тем, что технология DPI позволяет выделять и анализировать пакеты, содержащие мультимедийные данные и относящиеся к текущему сеансу связи отдельного пользователя. Поэтому целью статьи является разработка метода оценки качества мультимедийных сервисов на основе нейросетевого классификатора, анализирующего значения параметров, полученных с применением технологии DPI.

### Суть предлагаемого метода оценки качества мультимедийных сервисов

При контроле качества предоставляемых услуг ОТС выделяет зоны сети и определяет свои возможности по мониторингу параметров сети и оценке качества сервисов в этих зонах, а также полномочия по выдаче управляющих воздействий на сетевое оборудование для по-

вышения качества услуг. Для каждой из зон определяется набор параметров, на основе которых СУИ может произвести оценку качества предоставляемых услуг. Например, на качество мультимедийных сервисов воздействуют десятки различных факторов. На часть из них оператор может повлиять непосредственно, на часть – лишь косвенно. При этом учитываются рентабельность управляющих воздействий и временные ограничения на их выработку и реализацию. Поэтому, как правило, зона, в которой определяются значения параметров и осуществляются управляющие воздействия, ограничивается только сетью передачи трафика, которую контролирует ОТС. Все остальные значения параметров, на которые ОТС не может воздействовать, считаются такими, что находятся в пределах нормы. Для достижения нормативных значений параметров вне зоны контроля ОТС оператор может, например, дать рекомендацию абонентам использовать конкретное оборудование с заведомо известными характеристиками и указать параметры настройки этого оборудования.

Технология DPI позволяет получать значения параметров  $p_{j,k,i}$ ,  $j = \overline{1, L}$ ,  $k = \overline{1, M}$ , оказывающих существенное влияние на качество предоставления  $i$ -й услуги  $s_i$ ,  $i = \overline{1, N}$  и характеризующих условия прохождения пакетов с мультимедийными данными, анализируя значения определенных полей в кадрах данных, проходящих по сети ОТС. Например, для услуги VoIP из множества параметров  $p_{j,k,i}$ ,  $j = \overline{1, L}$ ,  $k = \overline{1, M}$ , чаще всего используются величина задержки передачи пакетов, потери пакетов и флуктуация задержки передачи пакетов (джиттер). Применение технологии DPI в СУИ для оценки качества предоставления мультимедийных услуг позволяет не только оценивать текущее качество предоставления услуги  $s_i$ ,  $\forall i = \overline{1, N}$  по ходу предоставления услуги, но и получать такую оценку отдельно для каждого пользователя и для каждого сеанса связи этого пользователя.

Суть предлагаемого метода на примере сервиса VoIP заключается в следующем. Поскольку VoIP является услугой реального времени, то наибольшее влияние на качество этой услуги оказывают факторы, связанные с временными параметрами передачи голосовых сообщений (джиттер и задержка передачи голосовых пакетов) и наличия данных как таковых (потери

пакетов). В узлах коммутации (УК) и шлюзах на основе технологии DPI осуществляется выделение и последующий анализ пакетов данных, имеющих отношение к каждой отдельной сессии VoIP. Отчеты с информацией о значении джиттера, потерях пакетов и задержке передачи из МЭК передаются в модуль обработки данных, в котором производится определение значений этих трех параметров для каждой отдельной сессии. На основании значений этих параметров определяется MOS-подобная оценка, которая передается в подсистему управления качеством услуги VoIP.

Структура фрагмента распределенной СУИ, осуществляющей мониторинг качества предоставления мультимедийных услуг, представлена на рис. 1.

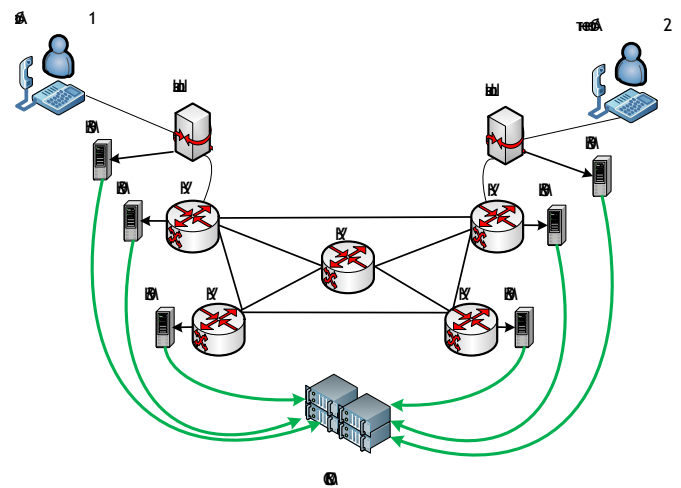


Рис. 1. Структура фрагмента СУИ

Система на рис. 1 работает следующим образом.

К УК и шлюзам подключены модули экстракции данных (МЭК), которые осуществляют захват всего трафика, проходящего через связанные с ними УК и шлюзы. При этом производится зеркалирование трафика, проходящего через УК и шлюзы, на входной интерфейс МЭК. Каждый МЭК, используя технологию DPI, осуществляет выделение пакетов или кадров данных, относящихся к определенному типу трафика и конкретным сессиям. Например, для VoIP это будут пакеты протоколов SIP/SDP, RTP, RTCP. На основании анализа этих пакетов выделяются данные о джиттере, односторонней задержке передачи, потере пакетов или сведения, на основании которых значения этих параметров можно рассчитать в МОКС. Значения этих параметров могут быть получены на основании анализа полей пакетов протокола RTCP.

Пример извлечения данных для анализа качества услуг VoIP из RTCP пакетов приведен на рис. 2.



Рис. 2. Экстракция данных из RTCP пакетов

Если в сети RTCP трафик отсутствует или поля RTCP пакетов не несут необходимой информации, например, по причине нестрогого следования ОТС требованиям соответствующих RFC, то значения параметров определяются на основании анализа пакетов SIP/SDP и RTP.

Полученные данные в виде отчета о звонке в формате JSON из МЭК передаются по сети по сети в МОКС.

МОКС на основании отчетов МЭК выносит оценку относительно качества каждого звонка. Эта оценка передается в подсистему SLM.

МЭК, структура которого приведена на рис. 3, осуществляет захват VoIP трафика, анализ и сбор данных о звонке, а также генерацию и отправку отчетов. Четкое разделение функций МЭК позволяет разрабатывать компоненты МЭК по отдельности, на основании специфицированных интерфейсов с указанием формата и способа обмена между компонентами. Кроме того, такое решение предоставляет возможность простой модификации МЭК для анализа качества других мультимедийных сервисов.

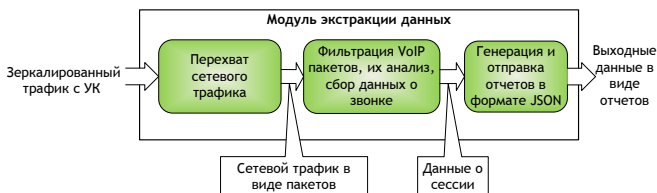


Рис. 3. Структура МЭК

МЭК может быть реализован, например, на основе комбинации программных комплексов Netmap [9] и BlockMon [10], первый из которых осуществляет захват трафика, а BlockMon позволяет реализовать функции МЭК путем композиции программных модулей, логика взаимо-

действия между которыми задается сценариями в формате xml.

Упрощенный алгоритм работы МЭК можно представить следующим образом:

1. Старт захвата трафика.
2. Трафик отфильтровывается на три группы: SIP, RTP и RTCP.
3. Из данных, содержащихся в полях SIP пакетов, определяются участники сессии, их идентификаторы и адреса. Из данных тела SIP/SDP пакетов выделяются сведения о нюансах обмена медиа-данными.
4. Используя полученные идентификаторы, из голосового трафика выделяются RTP и RTCP пакеты, относящиеся к отдельным сессиям.
5. Из пакетов сессии выделяются RTP-идентификаторы абонентов и тип медиа-данных.
6. При наличии корректных RTCP значений определяются значения параметров передачи голосовых сообщений. В противном случае осуществляется анализ RTP пакетов, из которых извлекаются данные о порядковом номере пакета и его временная RTP-метка, производится сбор дополнительных временных данных, которые можно будет использовать для поиска значения задержки передачи.
7. На основе собранных данных осуществляются предварительные расчеты значений джиттера и других параметров.
8. Для каждой сессии генерируется отчет с предполагаемыми значениями величины задержки передачи, джиттера и потери пакетов или с данными, на основе которых МОКС сможет вычислить интересующие параметры. Все отчеты пересылаются в МОКС.

Структура МОКС приведена на рис. 4.

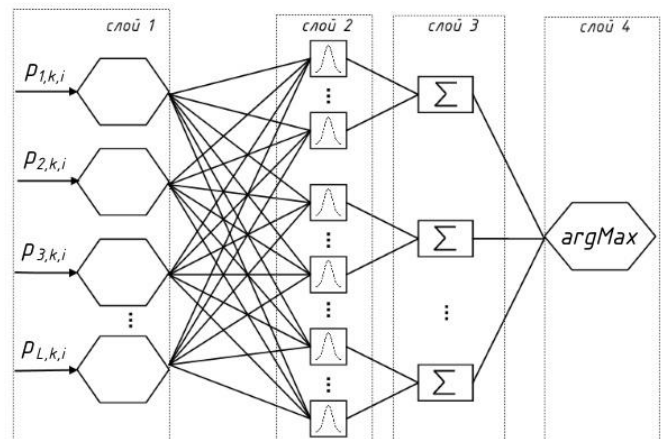


Рис. 4. Структура МОКС

Основой МОКС является совокупность нейросетей, каждая из которых представляет собой отдельную РБФ сеть. МОКС ставит в соответствие каждой точке в пространстве параметров  $p_{j,k,i}$ ,  $j = \overline{1, L}$ ,  $k = \overline{1, M}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , MOS-оценку  $m_l$ ,  $l = \overline{1, K}$ .

Поскольку МОКС должен определять принадлежность заданной точки не к двум, а более классам, то нейросеть на рис. 4 состоит из  $K$  РБФ сетей, каждая из которых определяет степень близости к отдельной MOS-оценке  $m_l$ ,  $l = \overline{1, K}$ .

В МОКС выделено четыре слоя. Слой входных параметров содержит  $L$  нейронов, каждому из которых соответствует один из параметров, используемых для оценки качества  $i$ -го сервиса.

Следующий слой – скрытый слой нейронов, преобразовывающих расстояние от точки, определяемой значениями параметров  $p_{j,k,i}$ ,  $j = \overline{1, L}$ ,  $k = \overline{1, M}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , до центра облака точек, соответствующего отдельной MOS-оценке из  $K$  оценок.

Третий слой образуют  $K$  сумматоров, выдающие число, определяющее степень близости точки к каждой из MOS-оценок.

Последний слой предназначен для вынесения решения о качестве отдельного сеанса предоставления мультимедийной услуги путем выставления этому сеансу MOS-оценки.

Выбор РБФ сети в качестве основы для МОКС обусловлен следующими факторами. Количество слоев РБФ сети заведомо известно. РБФ отличается высокой скоростью обучения, поскольку параметры линейной комбинации в выходном слое можно оптимизировать с помощью методов линейного моделирования.

В то же время применение линейной оптимизации в выходном слое сети РБФ требует определения числа радиальных элементов, положения их центров и величины отклонений. Кроме того, РБФ сеть менее пригодна для поиска субоптимальных решений, чем ряд других

сетей. Однако данная проблема может быть решена путем структурного обучения нейронной сети.

Проведены эксперименты, в ходе которых изменялись значения ключевых параметров, влияющих на качество передачи голосовых сообщений, а эксперты выставляли MOS-оценки по шкале от 1 до 5, оценивая качество предоставления услуги VoIP по критериям, предложенным в [3].

В ходе дополнительных экспериментов были подтверждены работоспособность и эффективность предложенного метода. В то же время, неумение РБФ сети экстраполировать выводы за область данных, используемых для обучения, требует перебора всех возможных значений параметров. С другой стороны, экстраполяция на данные, находящиеся за пределами обучающего множества, не всегда является преимуществом нейросетей и может приводить к неверной оценке качества сервисов со стороны МОКС. Поэтому данная особенность РБФ сетей не является существенным недостатком, препятствующим ее применению при решении задачи оценки качества мультимедийных сервисов.

## Выводы

Рассмотрена проблема оценки качества предоставления мультимедийных услуг операторами телекоммуникационных сервисов.

Предложен метод оценки качества предоставления мультимедийных сервисов. Метод основан на использовании технологии DPI и нейросетевого классификатора. Предложена структура подсистемы, осуществляющей мониторинг качества предоставления услуги VoIP. Разработаны модуль экстракции данных, осуществляющий захват и анализ сетевых пакетов, и модуль оценки качества мультимедийных сервисов на основе нейросетевого классификатора РБФ типа.

## Список литературы

1. Ролик А.И. Метод потенциальных функций в задачах оценки уровня телекоммуникационных сервисов / А.И. Ролик, Т.И. Ланге, А.А. Покотило, Б.А. Март, М.В. Ясочка // Вісник НТУУ «КПІ»: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2012. – № 57. – С. 133–143.
2. Ролик А.И. Декомпозиционно-компенсационный подход к управлению уровнем услуг в корпоративных ИТ-инфраструктурах / А.И. Ролик // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, – 2013. – № 58. – С. 78-88.

3. Rec. ITU-T P.800. Methods for subjective determination of transmission quality. – 1996. – 37 p.
4. NIQA — Non-Intrusive voice Quality Analyzer. Режим доступа: <http://www.sevana.fi/non-intrusive-voice-quality-testing-software.php>
5. Rec. ITU-R BS.1387-1. Method for objective measurements of perceived audio quality. – Recommendation ITU-R. – 2001. – 100 p.
6. Rec. ITU-T J144. Measurement of the quality of service. Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference. – ITU-T Recommendation. – 2001. – 70 p.
7. Rec. ITU-R BT.1683. Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference. – Recommendation ITU-R (Question ITU-R 44/6). – 2004. – 107 p.
8. Grancharov V. Non-intrusive speech quality assessment with low computational complexity / Volodya Grancharov, David Y. Zhao, Jonas Lindblom, W. Bastiaan Kleijn // In INTERSPEECH 2006 – ICSLP, Ninth International Conference on Spoken Language Processing, Pittsburgh, PA, USA, September 17–21, 2006. ISCA. – 2006.
9. Rizzo L. netmap: A Novel Framework for Fast Packet I/O // USENIX Annual Technical Conference ATC'12, Boston, MA. USENIX Association. – 2012. – 12 p.
10. Simoncelli D. Stream-monitoring with blockmon: convergence of network measurements and data analytics platforms / D. Simoncelli, M. Dusi, F. Gringoli, S. Niccolini // SIGCOMM Comput. Commun. Rev. – 2013. – 6 p.