

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/366006806>

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ SDN ТЕХНОЛОГИИ

Article · December 2022

CITATIONS

0

READS

56

3 authors, including:



Bayram Ibrahimov
Azerbaijan Technical University

26 PUBLICATIONS 54 CITATIONS

SEE PROFILE



Ali Tagiyev
Azerbaijan Technical University

20 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

SEE PROFILE

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ SDN ТЕХНОЛОГИИ

Ибрагимов Байрам Ганимат оглы

Азербайджанский Технический Университет, д.т.н., профессор, Баку, Азербайджан
E-mail: i.bayram@mail.ru

Тагиев Али Дашдемир оглы

Азербайджанский Технический Университет, к.т.н., доцент, Баку, Азербайджан

Исмайлова Севиндж Рамиз гызы

Азербайджанский Технический Университет, к.т.н. ст.преп., Баку, Азербайджан
E-mail: sevinc_ism@hotmail.com

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы анализа комплексных показателей производительности мультисервисных телекоммуникационных сетей (МТС), которые является обобщенной характеристикой, учитывающей все влияющие свойства аппаратно-программных средства и параметров системы передачи данных. Проведенный анализ показывает насколько полно используются информационные, каналные и сетевые ресурсы сетей NGN и FN при внедрении концепция программно-конфигурируемых сетей. В рамках предлагаемого подхода исследуются важные параметры пропускной способности, вероятностно--временные характеристики и надежность функционирования мультисервисных сетей с телекоммуникационной составляющей сетей SDN (Software-Defined Networks).

Ключевые слова

Мультисервисные сети, SDN, будущие сети, контент, протокол, пропускная способность, трафик, QoS, надежность, пакет.

Введение

В настоящее время отрасль телекоммуникаций и вычислительной техники на базе инновативных технологии переживает небывалый подъем, что дает толчок не только для развития мультисервисных сетей связи и 5G/IMT-2020, но и других отраслей экономики. Следует отметить, что с использованием программно-конфигурируемых сетей, NFV разработкой сетей 5G, внедрением Интернета Вещей, LTE и MIMO ужесточились требования к производительности сетей связи [1, 2].

Следовательно, производительность сети является одним из основных требований, предъявляемых к этим сетям телекоммуникации. Проблема обеспечения производительности современных мультисервисных сетей включает аппаратно-программные и структурные аспекты с использованием коммутаторы, контроллеры и протоколы OpenFlow. Это подтверждается рядом рекомендаций ITU-T, Y.3101 и Y.4100.

Стоит отметить, что высокие требования к производительности мультисервисных сетей телеком - муникации с использованием данных перспективных технологий построения распределенных сетей

приводят к ряду новых проблем для ее обеспечения [3].

Однако, современное состояние и тенденции развития МТС показали, что потенциал роста производительности, пропускной способности сетей и надежности на основе традиционных технологий практически исчерпан. Это связано с ростом затрат времени на маршрутизацию, с трудностями настройки сети и управления ресурсами и потоками в ней [3, 4, 5]. Особенно, с учётом новых принципов, подходов и потребностей в качестве мультимедийных услуг для высокоскоростных глобальных МТС и сетей 5G/IMT-2020. Кроме того, с ростом потребностей в виртуализации мультисервисных сетей, т.е. отображения нескольких логически изолированных сетей с независимыми политиками качества обслуживания QoS и QoE (Quality of Experience) на общий набор сетевых, каналных и информационных ресурсов. Такое неудовлетворительное состояние системы связи может измениться из-за двух важных революционных событий [1, 2, 4, 6, 7]:

- первое, появление на телекоммуникационном рынке чрезвычайно усложненного, интеллектуального абонентского и сетевого терминального оборудования, архитектурой коммутатора и контроллеры с протоколом OpenFlow , API (Application Programming Interface);

- второе - появление принципиально нового глобального подхода, так называемая концепция SDN с использованием коммутаторы, контроллеры и протоколом OpenFlow, NFV (Network Functions Virtualization), 5G-NR (New Radio) и IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem).

Сравнительный анализ выше перечисленных архитектур и протоколов системы показали, что среди NGN (Next Generation Network) и FN технологии для построения МТС особое место занимает использование концепции SDN [8, 9, 10].

Общая постановка задачи и описания алгоритмов работы сети SDN

Проанализированы архитектура SDN, предполагая существенно иной подход к реализации сетевой инфраструктуры, не лишена потенциальных уязвимостей с точки зрения информационной и частотной эффективности.

Таким образом, основными компонентами программно-конфигурируемых сетей на базе протокола OpenFlow являются: • Коммутатор OpenFlow ; • Контроллер OpenFlow ; • Канал связи, с помощью которого осуществляется взаимодействие контроллера

и коммутатора SDN, как правило, для передачи передаваемых сообщений используется MPLS, но возможна передача по стандартному TCP.

Архитектура OpenFlow-коммутатора базируется на одной или нескольких таблицах правил, определяющих механизм обработки потоков пакетов сетевого трафика. Такое программное обеспечение сможет работать на обычном компьютере и контролироваться администратором сети.

Для реализации этой задачи был разработан открытый протокол OpenFlow, позволяющий управлять маршрутизацией и коммутацией в мультисервисной сети, в независимости от производителя сетевого терминального оборудования. Здесь, протокол позволяет специалистам определять и контролировать: кто с кем, при каких условиях и с каким качеством может взаимодействовать в сети. Все коммутаторы и маршрутизаторы должны объединиться под управлением сетевой операционной системы, которая сможет обеспечивать приложениям доступ к управлению сети и постоянно отслеживать конфигурацию терминальных средств. Далее, необходимо описание таблицы коммутации активного оборудования SDN и формирования таблиц потоков OpenFlow. Запись сопоставляется с определенным потоком пакетом трафика. В зависимости от результата сопоставления применяется соответствующее действие - блокирование, передача, модификация и т.д. к пакетам из данного потока.

Рассматриваемые такому подходу позволит ускорить маршрутизацию в сетях связи, повысить скорость передачи пакетов, эффективность использования ресурсов, качества обслуживания QoS и QoE. Эти потенциальные возможности требуют дополнительных исследований показателей производительности системы.

В данном случае, ПКС-сети представлена двухуровневой архитектурой: уровнем доступа, который характеризуется параметрами коммутатора и уровнем управления, который характеризуется параметрами контроллера. Основной ее особенностью является формирование агрегированных потоков данных.

На основе исследования установлено [2, 4, 9, 11], что в настоящее время оценки показателей эффективности МТС с использованием концепции и технологии SDN проведено очень мало исследований.

Поэтому данная работа посвящена анализу комплексных показателей производительности мультисервисных сетей с использованием концепции и технологии SDN.

Концепция SDN позволяет пользователю самому выбирать услуги и сервисы необходимые для его сети, менять их динамически, подключая новые и убирать ненужные.

Таким образом, в работе анализируются комплексные показатели производительности МТС с телекоммуникационной составляющей ПКС, исследуется постановка задачи и предлагаются новые подходы к их решению.

В качестве нового подхода для оценки динамического изменения состояния SDN-сетей, которые влияют на результирующие показатели производительности сети. В работе предлагается использовать семейства сетевых технологий на базе NGN и FN.

Наибольший положительный эффект при построении мультисервисных сетей будет достигаться

при совместном применении минимум две технологий, Здесь технология ПКС является «ведущей», базовой по отношению к единой информационной инфраструктуре.

Производительности МТС на базе SDN технологии

Следует отметить, что в рекомендации МСЭ-Т Y.3044 рассмотрена контентозависимая архитектура будущих сетей [3]. Используя эту функцию, сеть SDN идентифицирует контент по его названию или с помощью другой соответствующей информации для эффективного извлечения и доставки контента. В МТС для передачи контента Triple Play Services (Audio, Video, Data – A, V, D) используются пакетные технологии [4, 10].

Учитывая, постановку задачи и важность создания МТС связи на базе NGN и FN концепции с коммутацией пакетов, использующие SDN подходы и технологии, предусматривающие передачу полезного и служебного трафика с учетом гарантированного качества QoS и QoE. При этом, следует обратить особое внимание характеристикам производительности сети связи [1, 2].

Системно-технический анализ комплексных показателей производительности МТС на базе SDN технологии, которая зависит как от алгоритма доступа к услугам, так и от эффективности функционирования коммутатора и контроллера с использованием сетевого протокола OpenFlow.

Основные положения концепции NGN и FN изложены в рекомендациях МСЭ-Т серии, Y.20xx и Y.30xx соответственно. В рекомендациях определяются целевые установки и фундаментальные характеристики NGN и FN, одной из которых является принцип технологического разделения передачи и коммутации, управления ресурсами, управления вызовами и управления услугами.

Кроме того, используя описание и структуры модели SDN можно исследовать состояние загруженности каналов связи и, следовательно, при заданных её параметрах устанавливать требуемое качество обслуживания на различные узлы сети. Здесь, под качества обслуживания подразумевается следующие показатели: максимальная пропускная способность сети, среднее время задержки пакетов трафика, вариация задержки, вероятность потери пакетов.

Известно [6, 10], что в МТС для передачи контента Triple Play Services используются пакетные технологии. Так при передаче голосового сообщения в течении 20 мс формируется пакет из 160 байт (через каждые 125 мкс в пакет записывается один байт информации). Сформированный пакет снабжается адресом. Пока формируется голосовой пакет, транспортный ресурс используется, например для передачи данных [10]. При использовании пакетных технологий в потоках пакетов, часто обнаруживается долгосрочная зависимость, или самоподобие (Selfsimilarity) с параметрами H [6]. Величина H для самоподобного трафика лежит в интервале $0.5 < H < 1.0$ и получила название параметра Херста.

Стоит отметить, что производительность сети с учетом вышеперечисленным показателем функцио-нально описываются следующей зависимостью [6,11]:

$$Q_{NP}(\lambda_i, H) = W \{ \max_i [C_{\max}(\lambda_i, H, t), T_{\text{aad}}(\lambda, \dot{I}), D_{i0}(\Lambda_i, t)] \},$$

$$i = \overline{1, n} \quad (1)$$

Последнее выражения (1) характеризует новый подход, позволяющий анализировать комплексные показатели производительности МТС с телекоммуникационной составляющей ПКС и изучать ключевые характеристики и контенты системы на основе SDN подходы и технологии.

• $C_{\max}(\lambda_i, H)$ – функция, учитывающая показатели максимального значения пропускной способности коммутатора и контроллера с использованием сетевого протокола OpenFlow SDN, с учетом свойства самоподобия H и интенсивностью потока λ_i при передаче i -го потока пакетов трафика;

• $T_{\text{aad}}(\lambda_i, H)$ – функция, учитывающая показатели вероятностно-временных характеристик сетей связи с учетом коэффициента самоподобности потоков пакетов полезного и служебного трафиков H и интенсивности поступления входящего потока λ_i при передаче потоков пакетов i -го трафика и описывается следующей функциональной зависимостью:

$$T_{\text{aad}}(\lambda_i, H) = E \{ \min_i [T_{c\tau}(\lambda_i, H), P_n(\lambda_i, H), L_c(\lambda_i, H)] \}, \quad (2)$$

где $T_{c\tau}(\lambda_i, H)$, $P_n(\lambda_i, H) \in N_{ac}(\lambda_i, H)$ – соответственно, средние значения времени задержки передачи, вероятность потерь пакетов и среднее число активных сессий с учетом интенсивностью λ_i при передаче самоподобного H пакетов i -го трафика, $i = \overline{1, n}$.

На основе предлагаемого подхода, выражение (2) является одним из важных и необходимым критерием параметров QoS и QoE трафиков.

• $P_{i0}(\Lambda_i, t)$ – функция, учитывающая критерии надежности функционирования МТС связи с учетом интенсивности Λ_i отказов i -х аппаратно-программных комплексов технологии SDN в момент времени t и характеризуется следующими критериями:

$$P_{i0}(\Lambda_i, t) = F[G_S(\Lambda_i, t), K_{EK}(\Lambda_i, t), E_{KC}(\Lambda_i, t)], \quad (3)$$

где $G_S(\Lambda_i, t)$ – функция, учитывающая показатели живучести коммутаторов и контроллеров сетей связи с интенсивностью отказа Λ_i в момент времени t ;

$E_{KC}(\Lambda_i, t)$ – функция, учитывающая показатели отказоустойчивости функционирования коммутаторов и контроллеров сетей связи с интенсивностью отказа Λ_i в момент времени t , $i = \overline{1, n}$;

$K_{EK}(\Lambda, t) = [K_E(\Lambda_i, t), K_K(\Lambda_i, t)]$ – соответственно, единичные и комплексные показатели надежности коммутаторов и контроллеров сетей связи с интенсивностью отказа Λ_i в момент времени t , $i = \overline{1, n}$.

Выражение (3) характеризует единичные и комплексные показатели надежности функционирования коммутаторов и контроллеров сетей связи на базе SDN технологии при оказании мультимедийной услуги.

Проблема обеспечения производительности современных МТС включает аппаратные, программные и структурные аспекты. Это

подтверждается рядом рекомендаций ИТУ-Т, Y.3101 и Y.4100. Однако, высокие требования к критериям эффективности функционирования сетей связи с использованием перспективных технологий, также приводят к ряду новых проблем для ее обеспечения.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования был рассмотрен новый подход для анализа важных параметров пропускной способности, вероятностно-временных характеристик и надежности функционирования МТС с телекоммуникационной составляющей сетей SDN при обслуживании пакетов данных в сети по заданным параметрам трафика.

В рамках предлагаемого подхода планируется использовать для формулирования практических рекомендаций по оценке значения требуемых комплексных показателей NGN и будущих сетей FN в частности, среднее время задержки и коэффициента готовности системы в режиме трансляции пакетов.

Литература

1. Бычков Е. Д., Майстренко В. А., Коваленко О. Н., Коваленко Д. Н. Основы инфокоммуникационных технологий. Сетевые информационные технологии. Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018. 287 с.
2. Ибрагимов Б.Г., Оруджова М.Я., Гулиев М.Н. Об одной задаче управления ресурсами в мультисервисных сетях связи на базе технологии построения распределенных сетей связи// Сборник трудов XV– Международной отраслевой научно-технической конференции "Технологии Информационного Общества" (03-04 марта 2021). МТУСИ, Москва. Том 1, 2021. – с.35-36.
3. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Будущие сети (Future networks). – Самара: ПГУТИ, 2015. 274 с.
4. Ибрагимов Б.Г., Алиева А.А., Мамедова Ф.В. Анализ показателей пропускных способностей мультисервисных телекоммуникационных сетей на базе инновационных технологий//Сборник научных статей – X-Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». СПб. : СПбГУТ. Том1. 2021. – с.40 - 44.
5. Данилов А.Н., Шурашов Н.Н., Максимов С.П. Альтернативный метод оценки характеристик функционирования мультисервисных сетей связи будущего поколения// Сборник трудов XV Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества» .М.: МТУСИ, Том 1, 2021. С.23-25.
6. Ibrahimov B.G., Alieva A.A. (2021). Research and Analysis Indicators of the Quality of Service Multimedia Traffic Using Fuzzy Logic//The 14th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing–ICAFA-2020. ICAFA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing. vol 1306. Springer, Cham. pp.773-780.
7. Антоненко В. А., Смелянский Р. Л. Концепции программного управления и виртуализации сетевых сервисов в современных сетях передачи данных: учеб. пособие. М.: КУРС, 2020. 160 с.
8. Ибрагимов Б.Г., Алиева А.А., Керимов В.Р. Исследование методов повышения отказоустойчивости аппаратно-программных комплексов и терминальных средств мультисервисных телекоммуникационных сетей // Труды XXVI Международного симпозиума "Надежность и Качество". ПГУ, (24–31 мая 2021), Пенза, Том 2, 2021. с.375-377 .
9. Немец В.А., Кусакина М.С. Надёжность связи контроллеров с коммутаторами в SDN // Вестник связи. 2018. № 9. С. 10-12.
10. Пиеничников А.П. Теория телеграфика. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 212 с.
11. Perrot N., Reynaud T. Optimal placement of controllers in a resilient SDN Architecture // 12th International Conference on the Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2016). Paris, France. March, 2016. P. 145-151.