

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ СЕТИ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТОКОВОГО ВИДЕО: МЕТОДИКА СОГЛАСОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИГНАЛЬНЫХ И ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ

DOI: 10.36724/2072-8735-2026-20-1-42-51

Мелихов Егор Олегович,
Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия,
e.o.melikhov@edu.mtuci.ru

Manuscript received 15 September 2025;
Accepted 07 December 2025

Строганова Елена Петровна,
Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия, es@radiotest-mtuci.ru

Ключевые слова: 4G, LTE, структура трафика, качество обслуживания, мультимедийный трафик

Операторы систем мобильной связи сталкиваются с растущим спросом на мультимедийный контент и необходимостью эффективного использования ограниченных сетевых ресурсов. В настоящей статье рассматривается актуальная проблема анализа и оптимизации структуры пользовательского трафика в сетях четвертого поколения, вызванная массовым распространением потокового видео, которое требует значительных объёмов полосы пропускания и высокой устойчивости соединения. Целью работы является разработка алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных в сетях LTE и создание методов комплексного анализа, направленной на повышение эффективности управления сетевыми ресурсами. Научная ценность работы заключается в разработке методики согласованного применения сигнальных и пользовательских данных плоскостей ядра сети LTE с использованием сквозного идентификатора TEID, что позволяет более точно оценить поведение абонентского трафика и создаёт основу для моделей, комбинирующих широковебательные и индивидуализированные сервисы, доставки контента. Практическая значимость исследования заключается в интеграции технического анализа трафика с учётом правовых ограничений, включая требования по защите персональных данных. Исследование анализирует архитектуру сети LTE, уделяя внимание функциональным характеристикам ключевых интерфейсов и классификации типов трафика для оптимизации качества обслуживания и сетевых ресурсов. Основные итоги включают систематизацию критериев оценки трафика, подтверждение важности перехода к дифференцированному управлению ресурсами и создание условий для внедрения комбинированных стратегий, включая интеграцию многоадресной рассылки мультимедийных материалов с адресной доставкой персонализированных данных. Исследование демонстрирует потенциал комбинированной сетевой архитектуры и служит основой для решений по разработке технологий эффективного снижения нагрузки на сеть мобильного оператора. Результаты проведенного исследования будут полезны для операторов мобильной связи, которые хотят повысить качество связи и уровень обслуживания абонентов.

Информация об авторах:

Мелихов Егор Олегович, Московский Технический Университет Связи и Информатики, аспирант, Москва, Россия
Строганова Елена Петровна, Московский Технический Университет Связи и Информатики, профессор, Москва, Россия

Для цитирования:

Мелихов Е.О., Строганова Е.П. Использование интерфейсов сети четвертого поколения для выявления потокового видео: методика согласованного применения сигнальных и пользовательских данных // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2026. Том 20. №1. С. 42-51.

For citation:

E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Using 4G network interfaces for video streaming detection: A methodology for the coordinated use of signaling and user data," T-Comm, 2026, vol. 20, no.1, pp. 42-51. (in Russian)

1. Введение

Современные мобильные сети сталкиваются с экспоненциальным ростом объёмов мультимедийного трафика, что обусловлено широким распространением платформ потокового вещания и других сервисов онлайн-трансляций. Согласно прогнозам, Cisco Visual Networking Index, видеоконтент будет составлять более 60% всего IP-трафика в мобильных сетях, что требует разработки инновационных механизмов мониторинга и управления трафиком. Эти механизмы должны оптимизировать использование сетевых ресурсов, обеспечивать требуемое качество обслуживания (QoS, Quality of Service) и минимизировать эксплуатационные расходы [1-5].

Одной из ключевых задач является оперативное выявление массовых событий, связанных с одновременным потреблением одного и того же видеопотока значительным числом абонентов. Такие массовые стримы создают локальные пики нагрузки, что может привести к деградации качества связи, особенно в условиях ограниченной ёмкости магистральных каналов связи. Однако непосредственный анализ содержимого трафика затруднён из-за повсеместного использования шифрования (протоколы TLS/HTTPS) и регулируется нормами о защите персональных данных и конфиденциальности абонентов.

В современных условиях растущего объёма мультимедийного трафика и увеличения числа пользователей, а также растущий спрос на разнообразные категории контента заставляет мобильных операторов искать новые технические решения, которые позволят улучшить качество доставки, снизить нагрузку на сеть и обеспечивать высокое качество обслуживания пользователей. Перспективным решением является алгоритм по выявлению массового запроса со стороны абонентов на подобный трафик в реальном времени [6-13].

Структура современного трафика в сети 4G – это сложная экосистема с разными требованиями. От правильной классификации зависит, будет ли звонок чётким, загрузится ли видео без буферизации, и сможет ли датчик отправить показания. Понимание этих типов – основа для построения интеллектуальных, масштабируемых и экономически эффективных сетей.

Целью данной статьи является разработка алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных в сетях LTE. Разработка алгоритма направлена на выявление массового запроса трафика без декодирования полезной нагрузки, обеспечивая при этом соблюдение требований законодательства в области защиты персональных данных абонентов. Для решения рассматриваемой задачи необходимо предварительно определить критерии по выявлению потокового видео как наиболее востребованного типа мультимедийного трафика со стороны абонентов.

2 Современная структура трафика в сети 4G

Функционирование современных систем мобильной связи, обеспечивающих передачу данных посредством технологии 4G, направлено на поддержание различных типов трафика, каждый из которых предъявляет специфические требования к параметрам качества обслуживания. Например, для голосовых вызовов критически важна минимизация за-

держки, тогда как при загрузке мультимедийных файлов первостепенное значение имеет высокая скорость передачи данных. С развитием технологий и расширением разнообразия устройств, подключающихся к интернету, количество типов трафика неуклонно возрастает. В этот список входят не только традиционные голосовые звонки, но и инновационные решения, такие как носимые устройства (умные часы) и даже «умные» бытовые приборы. Для обеспечения стабильной работы экосистем перспективных сетей мобильной связи операторы должны обладать глубоким пониманием специфики каждого типа трафика и эффективно управлять распределением наиболее востребованного трафика на сети мобильного оператора для наиболее эффективного управления ресурсами сети мобильного оператора [14-18].

Эффективное управление трафиком позволяет операторам оптимизировать использование сетевых ресурсов, минимизируя простои и повышая общую производительность сети. В свою очередь, способствует поддержанию высокому удовлетворению потребностей пользователей QoE (Quality of Experience) и поддержанию высокого уровня качества предоставляемых услуг. Внедрение и развитие технологий направленных на улучшение показателей QoS является ключевым фактором, обеспечивающим эффективное функционирование современных сетей мобильной связи и удовлетворяющим растущие потребности пользователей в высокоскоростном и надёжном доступе к информации [19-21].

Весь трафик можно условно разделить по характерному поведению, которое требует своей стратегии управления и выделяется в следующие основные категории: трафик реального времени, к которому относят: голосовая связь (VoLTE), прямые стримы (Live Streaming), видеозвонки и видеотрансляции в прямом эфире является наиболее чувствительным к параметрам сети.

Для поддержания оптимального качества услуг требуется поддержание минимальной задержки (latency), низкого джиттера и высокой стабильности соединения. Любые потери или задержки пакетов приводят к заметному ухудшению качества восприятия. Такой трафик обычно работает в режиме GBR (Guaranteed Bit Rate), что означает выделение гарантированной полосы пропускания. В спецификации 3GPP ему присваиваются QCI = 1 (для голоса) и QCI = 2 (для видео). Эти значения активируют механизмы приоритетного планирования на радиоинтерфейсе и в ядре сети. Выделены следующие типы трафика (рис. 1):

- эластичный трафик: потоковое видео по запросу (YouTube, Netflix, RuTube), загрузка файлов и обновлений, просмотр веб-страниц. Он не чувствителен к задержкам, но может потреблять значительные объёмы данных. Его ключевая особенность – способность адаптироваться под текущие условия канала. Такой трафик использует протоколы адаптивного потокового вещания (например, DASH, HLS), которые автоматически снижают качество видео при падении скорости. Он передаётся в режиме Non-GBR и чаще всего ассоциируется с QCI = 6–9. Сеть управляет им через APN-AMBR (Aggregate Maximum Bit Rate), ограничивая суммарную скорость на уровне APN.

- интерактивный и фоновый трафик, который требует быстрого отклика, но не постоянного потока, а именно мессенджеры, веб-формы, онлайн-банкинг, служебные протоколы (DNS, DHCP). Для него важна скорость установления

соединения и минимальная задержка первого пакета. Часто используется QCI = 5, особенно для сигнализации в IMS.

– фоновый трафик, не требующий быстрого отклика: резервное копирование, синхронизация почты, push-уведомления. Он имеет самый низкий приоритет, передаётся в свободное время и может быть приостановлен при перегрузке. Ему обычно назначается QCI = 9 и режим best effort.

– машинный трафик (M2M / IoT). Их трафик характеризуется: малым объёмом данных (несколько байт), высокой периодичностью или редкими событиями, длительными интервалами без активности.

Такие устройства как датчики температуры, счётчики воды, GPS-трекеры работают в режимах PSM (Power Saving Mode) и eDRX, чтобы экономить энергию. Они используют профили NB-IoT или LTE-M и поддерживаются в сети как Non-GBR с QCI = 6–9.

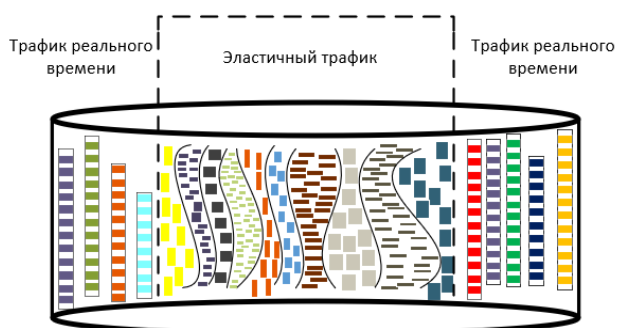


Рис. 1. Трафик в узле сети мобильного оператора

Различие между типами трафика лежит в основе системы политик Policy and Charging Control (PCC), реализованной через PCRF. На основе QCI, ARP, MBR и других параметров сеть, позволяя эффективно использовать ресурсы, динамически применяет следующие политики:

- приоритезацию;
- ограничение скорости;
- z go-rating;
- edge-кэширование.

В результате комплексного анализа характеристик разнообразных типов сетевого трафика было выявлено, что наибольший интерес для дальнейшей проработки со стороны запрашиваемого абонентами контента в сетях мобильных операторов составляет трафик в режиме реального времени, представленный главным образом потоковым видео и онлайн-трансляциями. Данный вывод является основой для дальнейших исследований, направленных на улучшение алгоритмов идентификации данного типа трафика в сетях LTE, позволяя более точно определять и оптимизировать потоки трафика в реальном времени, что важно для обеспечения высокого качества обслуживания пользователей и повышения производительности мобильных сетей.

3 Анализ архитектуры сети 4G: user plane и control plane

Вычленение востребованного со стороны абонентов трафика реального времени потребует тщательного разбора архитектуры сети 4G и анализа логики работы интерфейсов для пояснения работы алгоритма выявления массового со-

бытия. Архитектура сети 4G LTE, определённая в спецификациях 3GPP, предполагает чёткое разделение функций ядра сети (EPC – Evolved Packet Core) между плоскостью пользователя (user plane) и плоскостью управления (control plane). На рисунке 2 представлена архитектура и интерфейсы 4G [14]. Данное разделение является фундаментальным для организации подключения, управления мобильностью абонентов (mobility), установления сессий и обеспечения QoS.

Плоскость пользователя отвечает за передачу пользовательских данных и реализуется через интерфейсы S1-U (между базовой станцией (eNodeB) и S-GW) и SGi (между P-GW и внешней пакетной сетью). Через эти интерфейсы проходит фактический трафик, включая HTTP-запросы, медиапотоки, VoIP и другие виды данных. Плоскость управления предназначена для сигнализации и включает такие интерфейсы, как S1-MME (между eNodeB и MME), S11 (между MME и S-GW), Gx (между P-GW и PCRF) и Rx (между PCRF и Application Function). Через них передаются управляющие сообщения, обеспечивающие аутентификацию, установление сессий, управление политиками и маршрутизацию трафика.

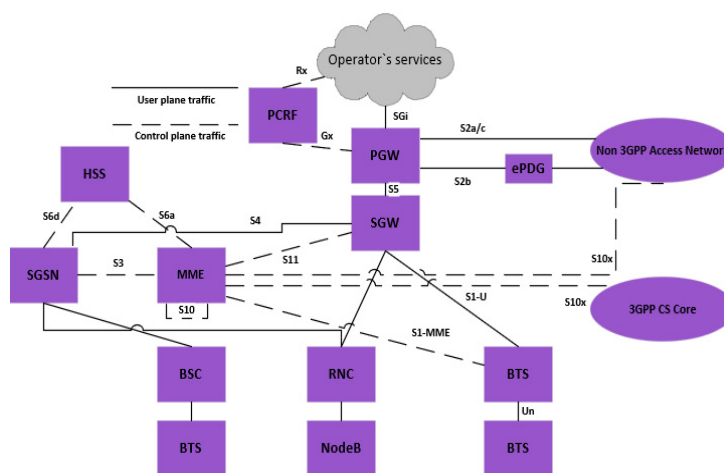


Рис. 2. Интерфейсы в сети 4G

Для выявления трафика реального времени требуется интеграция данных из обеих плоскостей user plane и control plane, поскольку ни одна из них в отдельности не предоставляет полной картины. В связи этим только совместный анализ позволяет сопоставить параметры сессии с характеристиками пользовательского трафика.

Плоскость пользователя (User Plane): путь данных от абонента до сети Интернет

Плоскость пользователя в сети 4G LTE отвечает за доставку IP-пакетов между абонентским устройством (UE) и внешней сетью, такой как Интернет. Ключевыми интерфейсами, через которые проходит пользовательский трафик, являются S1-U и SGi (рис. 3). Эти интерфейсы содержат всю информацию о том, куда идёт трафик, какой он интенсивности и какого типа. Именно здесь сосредоточены данные, необходимые для анализа поведения абонентов, включая выявление потокового видео.

Интерфейс S1-U соединяет eNodeB с шлюзом S-GW и использует протокол GTP-U (GPRS Tunnelling Protocol – User Plane). Через этот интерфейс пользовательские пакеты инкапсулируются в GTP-туннели с использованием уни-

кального идентификатора TEID (Tunnel Endpoint Identifier), который однозначно идентифицирует туннель для конкретной сессии. Каждый пакет, передаваемый по интерфейсу S1-U, инкапсулируется в GTP-U заголовок, который содержит:

- TEID: 32-битное значение, уникально идентифицирующее туннель для конкретной сессии;
- Sequence Number: опциональное поле для контроля порядка пакетов;
- N-PDU Number: для управления QoS;
- указание типа сообщения (например, T-PDU - полезная нагрузка).

На интерфейсе SGi, расположенном между P-GW и внешней пакетной сетью, трафик уже не инкапсулирован и передаётся по протоколу IP. Здесь становится доступной информация о конечных адресах: Destination IP, порты (например, 443 для HTTPS), а также содержимое заголовков приложений. Весь перечень метаданных, возможных для извлечения на интерфейсе SGi:

- Destination IP Address: IP-адрес сервера, к которому обращается абонент;
- Source Port / Destination Port: порт назначения, например, порт 443 указывает на HTTPS;
- Server Name Indication (SNI) в TLS Client Hello;
- протоколы транспортного уровня TCP, UDP, что помогает различать типы трафика (например, RTP/UDP для видео);
- размер и частота пакетов;
- асимметрия трафика - высокий downlink, низкий uplink, типично для просмотра видео.

При использовании систем глубокой проверки пакетов DPI (Deep Packet Inspection) можно извлекать такие параметры, как SNI (Server Name Indication) из TLS Client Hello (IETF RFC 6066), Host из HTTP-запросов и User-Agent. Эти данные позволяют определить, к какому именно сервису обращается абонент, даже если непосредственно сам трафик передается с предварительной зашифровкой.

На рисунке 3 показаны протоколы интерфейса пользовательского уровня.

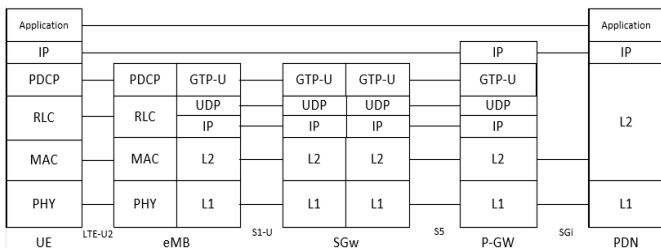


Рис. 3. Протоколы интерфейса пользовательского уровня

Кроме того, поведенческие характеристики пакетов также могут служить индикаторами типа контента. Поток видео характеризуется высоким downlink-объемом, относительно постоянным размером пакетов (примерно 1400–1500 байт) и периодичностью передачи, соответствующей частоте кадров. Эти признаки могут быть выявлены с помощью алгоритмов машинного обучения или эвристического анализа.

Плоскость управления (Control Plane): контекст сессии и политики

Плоскость управления предназначена для установления, модификации и удаления сессий, а также для аутентифика-

ции, mobility и применения политик QoS. Она использует несколько ключевых интерфейсов: S1-MME, S11, Gx, каждый из которых предоставляет уникальные метаданные.

Интерфейс S1-MME реализован по протоколу S1-AP поверх SCTP/IP [15] и служит каналом передачи NAS-сообщений (Non-Access Stratum) между UE и MME. Через него передаются такие события, как Attach Request, Tracking Area Update (TAU), Service Request. В этих сообщениях содержатся временные идентификаторы (например, GUTI), IMSI (в зашифрованной форме), а также информация о зоне обслуживания (TAI). Хотя сам S1-MME не содержит данных о трафике, он даёт временную привязку к активности абонента и может использоваться для синхронизации событий.

Более богатый источник информации - интерфейс S11, работающий по протоколу GTPv2-C [16]. Он соединяет MME и S-GW и используется для управления сессиями. В сообщениях Create Session Request/Response передаются критически важные для анализа поля:

- IMSI; международный идентификатор абонента;
- APN (Access Point Name): указывает тип PDN-подключения (например, internet, ims, streaming);
- TEID: содержит TEID и IP-адрес S-GW или eNodeB;
- earer Context, включающий:
 - индикатор QoS QCI (Class Identifier), например, QCI=2 соответствует "Streaming class";
 - ограничения скорости MBR/GBR (Maximum/Guaranteed Bit Rate);
 - приоритет выделения ресурсов ARP (Allocation and Retention Priority).

Наличие QCI=2 - один из самых надёжных признаков того, что сессия предназначена для потокового видео, особенно если она инициирована через IMS (VoLTE, видеозвонки). Дополнительные данные поступают с интерфейса Gx, реализованного по протоколу Diameter [17]. Он связывает P-GW с PCRF (Policy and Charging Rules Function) и позволяет динамически управлять политиками. В сообщениях Re-Auth Request/Answer и CCR/Gx передаются:

- правила тарификации Charging-Rule-Install;
- фильтры трафика Flow-Description (например, по портам или IP);
- тип сервиса Service-Identifier (например, 2001 видеосвязь);
- группа тарификации Rating-Group (например, 0 zero-rating);
- данные по QoS (MBR, APN-AMBR).

Эти данные позволяют понять, применяются ли специальные политики к трафику, например, бесплатное использование или повышенный приоритет для видео.

На рисунке 4 показаны протоколы плоскости управления.

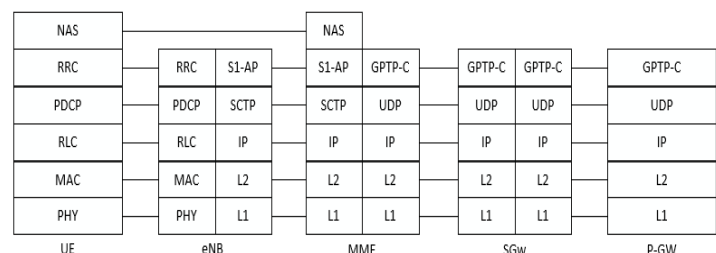


Рис. 4. Протоколы плоскости управления

Корреляция плоскостей посредством идентификатора TEID

В рассматриваемой задаче выявления отдельных типов трафика на сети мобильного оператора 4G существует несколько путей решения. Однако реализованные решения мобильных операторов на выявление отдельных типов трафика имеют ограничения по количеству учитываемых абонентов и привязки к конкретному типу сервиса рассматриваемого трафика. Далее рассмотрим взаимосвязи между интерфейсами 4G, которые позволят создать универсальный алгоритм по выявлению трафика реального времени на сети мобильного оператора.

Единичные данные из каждой из плоскостей недостаточны для точного анализа. Например, SNI на SGI показывает, что трафик идёт на YouTube, но не говорит, с какой QoS он передаётся. Напротив, QCI=2 в S11 указывает на потоковое видео, но не раскрывает, куда именно идёт трафик. Формирование полной картины образуется по средствам сведения данных на интерфейсах user и control plane. Предлагаемое решение - это корреляция по TEID. Этот идентификатор присутствует как в GTPv2-C (S11), так и в GTP-U (S1-U). Сопоставляя записи по TEID, можно объединить данные интерфейсов, позволяя связать управляющие сообщения с реальным трафиком для выявления массового потребления потокового видео:

- из S11: IMSI, APN, QCI, MBR;
- из S1-U: Destination IP, SNI, объём трафика.

TEID используется как в плоскости управления (control plane), так и в плоскости пользователя (user plane). В соответствии с спецификацией 3GPP [16], поле F-TEID (Fully Qualified Tunnel Endpoint Identifier) передаётся в сетях 3GPP через интерфейс S11 с использованием протокола GTPv2-C при установлении сессий, например, в запросе Create Session Request. В поле F-TEID предоставляется следующая информация:

- T ID;
- IP-адрес узла;
- тип интерфейса.

Информация о направлении и характере трафика предоставляется в плоскости пользователя через Destination IP, SNI и поведенческие паттерны, а в плоскости управления — через тип сессии, QCI, MBR и политики тарификации. Для соблюдения законодательства, таких как европейский общий регламент по защите данных General Data Protection Regulation (GDPR), и Федеральный закон № 152-ФЗ от 27.07.2006 «О персональных данных», рекомендуется использовать хеширование, например, HMAC-SHA256, чтобы сохранить возможность анализа без нарушения конфиденциальности IMSI.

Сбор и анализ данных на user plane осуществляется с помощью нескольких технологий:

1) DPI

Устройства DPI (например, от Allot, Sandvine, Huawei) размещаются на P-GW или между S-GW и P-GW. Они распознают приложения по сигнатурам, поведению и содержанию заголовков. Например, система может определить YouTube по комбинации SNI, размера пакетов и MBR.

2) NetFlow/IPFIX

На P-GW может быть включена генерация NetFlow (Cisco) или IPFIX (IETF RFC 7011), которая экспортирует агрегиро-

ванные записи о потоках: 5-tuple (src/dst IP, порты, протокол), объём, длительность, количество пакетов. Это позволяет проводить масштабный анализ без хранения payload.

3) Поведенческий анализ

Даже без DPI можно выявить видео по паттернам: постоянный размер пакетов, ритмичная передача, высокий downlink. Такие признаки характерны для H.264/H.265 потоков, особенно при фиксированном битрейте.

Сочетание данных с S1-U и SGI позволяет построить детальную картину потребления контента. Если на SGI зафиксировано множество соединений с одинаковым Destination IP и SNI = youtube.com/live, при этом размер пакетов ~1400 байт, интервал ~20 мс, и эти соединения начинаются одновременно (в течение 1–5 минут), что указывает на массовый просмотр прямого эфира. Дополнительно, если по TEID из S1-U удаётся коррелировать эти потоки с параметрами из control plane (например, QCI=8, APN=internet), можно убедиться, что это обычный интернет-трафик, а не сервис оператора. Такой подход не требует расшифровки HTTPS и не затрагивает личные данные пользователей, если IMSI и IP-адреса анонимизированы. Однако есть и ограничения:

- при использовании ESNI (Encrypted SNI) или DoH (DNS over HTTPS) SNI становится недоступным;
- полное шифрование (TLS 1.3) скрывает Host и User-Agent;
- некоторые OTT-сервисы используют динамические IP-пулы, что затрудняет привязку к конкретному серверу.

Таким образом, предложено решение по выявлению трафика реального времени на основе комплексного анализа плоскостей 4G с последующей корреляцией данных на основе уникального идентификатора TEID одинакового для обеих плоскостей.

4 Алгоритм выявления массового запроса мультимедийных данных

В задаче разработки алгоритма обнаружения массовых запросов мультимедийного контента посредством анализа трафика в ядре мобильной сети как предложено в разделе 3 в алгоритме используем уникальный идентификатор TEID из протокола GTP. При единичном запросе мультимедийного трафика каждый абонент использует собственный GTP-туннель с уникальной парой входного и выходного TEID. Однако при возникновении массового интереса к одному и тому же контенту (например, прямой эфир), наблюдается статистически значимое увеличение количества активных туннелей со сходными поведенческими моделями.

В заголовке протокола GTP-U на интерфейсе S1-U [18] TEID используется для инкапсуляции пользовательских пакетов. На первом этапе алгоритма реализуется корреляция плоскостей ядра сети по TEID следующим образом:

- из S11 извлекаются: IMSI (или GUTI), APN, QCI, MBR, Charging ID.
- из S1-U извлекаются: TEID, Destination IP, размер пакетов, объём трафика.
- по совпадению TEID записи объединяются. IMSI заменяется на хеш (например, HMAC-SHA256 с секретным ключом) для обеспечения анонимизации.
- Возможность реализации алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных с использованием уни-

кального идентификатора TEID основано на уже реализованных решениях в коммерческих системах, таких как Ericsson TDF, Nokia Deep Analytics и Huawei UDG, где он используется для edge-кэширования, динамического QoS и аналитики трафика.

Структура разработанного алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных представлена на рисунке 5.

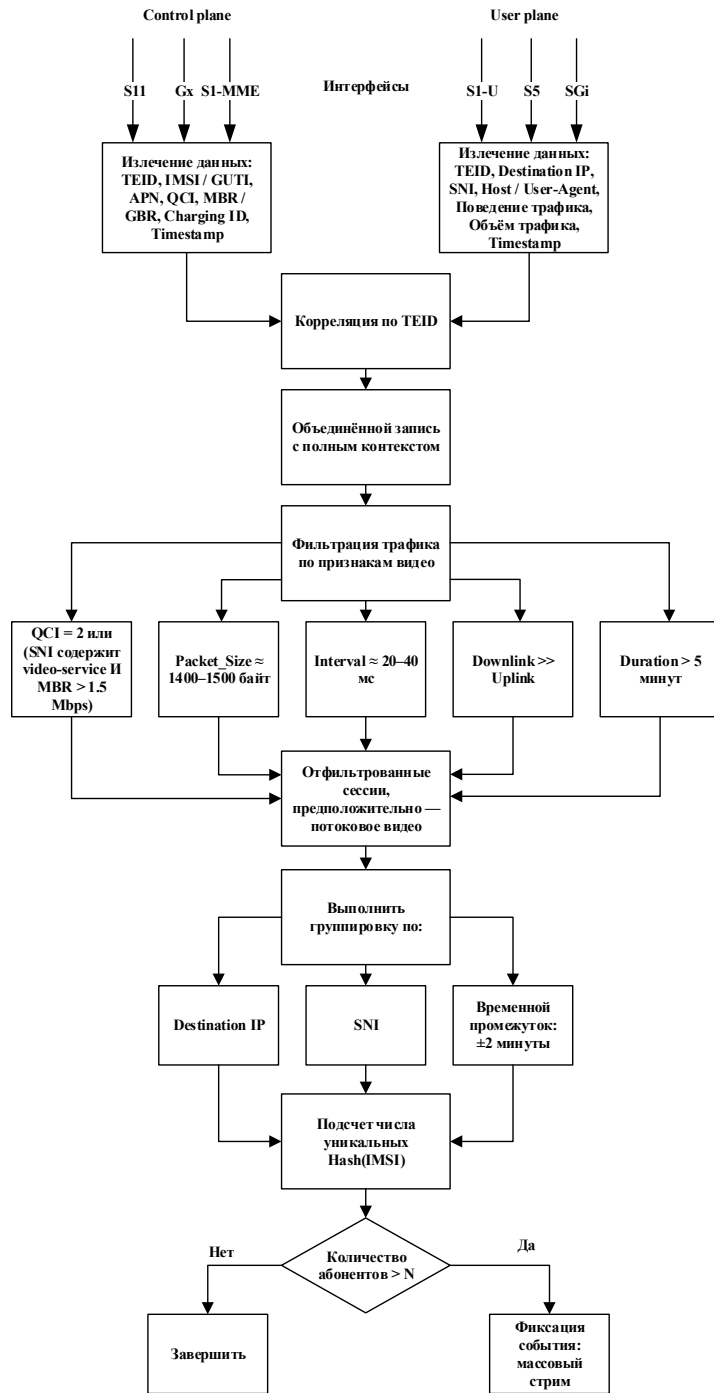


Рис. 5. Алгоритм выявления массового запроса мультимедийных данных

Вторым этапом алгоритма является выявления массового запроса мультимедийных данных после корреляции по TEID:

1) Фильтрация по признакам видео

Не весь трафик к сервису – это потоковое видео. Чтобы исключить фоновые запросы (например, баннеры, рекомендации), применяются фильтры:

- MBR > 1.5 Mbps - указывает на высокий битрейт,
- поведение пакетов: размер ~1400-1500 байт, интервал ~20-40 мс,
- продолжительность соединения (Duration) > 5 минут,
- отсутствие активности в uplink – характерно для просмотра.

Такие паттерны соответствуют стандартным параметрам видеотрансляций (например, H.264/H.265 при 720p и выше).

2) Группировка по значению Destination IP и временному окну

После фильтрации все записи группируются:

- Destination IP (например, 142.250.179.142),
- по SNI (например, youtube.com/live),
- о временном окне (например, ±2 минуты).

Цель – определить, сколько уникальных абонентов (по Hash(IMSIs)) начали сессию к одному и тому же серверу за короткий промежуток времени.

3) Определение порога массового запроса

Если количество уникальных абонентов превышает заданный порог (например, 1000 за 5 минут), фиксируется событие:

«Массовый просмотр прямого эфира на youtube.com».

Такое событие может быть связано, например, со спортивным матчем, музыкальным концертом, официальной трансляцией, релизом сериала.

4) Обогащение данными из Gx и Rx (опционально)

Если доступны интерфейсы Gx и Rx, можно уточнить контекст:

- на Gx проверяется, применяется ли zero-rating (Rating-Group = 0),
- на Rx – запрашивал ли AF (Application Function) QoS для видео (Media-Type = video).

Для получения данных у мобильного оператора, особенно при интеграции OTT-сервисов (Over-The-Top) и использовании системы PCRF (Policy and Charging Rules Function), необходимо строго соблюдать правила конфиденциальности и юридические нормы. PCRF играет ключевую роль в управлении качеством обслуживания и тарификации трафика OTT-приложений.

Информация о поведении пользователей может быть чувствительной, поэтому операторы обычно предоставляют только агрегированные и анонимизированные данные. Это возможно только в рамках официального сотрудничества с научными организациями при наличии этического обоснования и одобрения институционального комитета. Необходимо подписание соглашения о неразглашении и подтверждение, что данные будут использоваться исключительно в некоммерческих целях в защищённой среде.

В результате на сервере мобильного оператора формируется запись по результатам работы алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных в виде совокупной информации из таблицы 1 с присвоением статуса «кандидат на массовый стрим». В соответствии с установленным порогом возможен переход поставку контента на передачу данных через широкополосную технологию.

Таблица 1

Финальная запись по результатам работы алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных

Параметр	Значение (до корреляции)	Значение (после корреляции)	Примечание
TEID	10001 (S11) и 10001 (S1-U)	10001	Ключ корреляции (3GPP TS 29.274)
IMSI	250012345678901 (S11)	Hash(IMSI) = a3f8c1e...	Шифрование для анонимности
APN	internet	internet	3GPP TS 23.401
QCI	8	8	Non-GBR, best effort (3GPP TS 23.203)
MBR	4 Mbps	4 Mbps	Из S11
Dest IP	—	142.250.179.142	Из SGI
SNI	—	youtube.com/live	TLS Client Hello (RFC 6066)
Packet Size	—	1420 байт	Признак видео
Interval	—	22 мс	Интервал передачи данных
Video Score	—	0,97	Результат фильтрации
Status	—	Кандидат на массовый стрим	Порог (например, >1000 абонентов за 5 мин)

Анонимизация и соответствие правовым требованиям

На всём протяжении процесса персональные данные не хранятся в открытом виде. IMSI никогда не сохраняется напрямую. Персональные данные:

- агрегируются;
- хранятся временно (например, до конца анализа);
- удаляются после завершения анализа данных сети мобильного оператора.

Рассмотренное решение соответствует положениям национальных и международных нормативно-правовых документов:

- GDPR (EU) - статьи 5(1)(c), 25 – минимизация данных, privacy by design;
- ФЗ-152 (Россия) – статьи 6, 15, обработка возможна только с согласия или для функционирования сети;
- ETSI TS 103 239 – lawful interception без раскрытия содержимого.

Таким образом, алгоритм выявления массового запроса мультимедийных данных, основанного на анализе и согласованного использования (корреляции) данных по TEID с различных интерфейсов сети 4G, позволяет реализовать мобильному оператору систему по оптимизации сети на основе данных, полученных без декодирования полезной нагрузки, обеспечивая при этом соблюдение требований законодательства в области защиты персональных данных абонентов.

Наиболее перспективное направление использование представленного алгоритма заключается в использовании совместно с комбинированными сетевыми архитектурами, рассмотренных в статьях [22-26].

5 Заключение

Проведённое исследование демонстрирует высокую эффективность методики согласованного использования данных с интерфейсов пользовательской и управляющей плоскостей в сетях LTE для выявления потокового видео. Анализ показал, что сопоставление ключевых параметров, таких как TEID, SNI, QCI и Destination IP, позволяет отслеживать массовый запрос мультимедийных данных без необходимости расшифровки содержимого трафика. Это обеспечивает аналитику трафика абонента при одновременном соблюдении строгих требований к конфиденциальности и защите персональных данных абонентов.

Реализация данной методики предоставляет мобильным операторам мощный аналитический инструмент для управления сетевыми ресурсами. Возможность идентифицировать высоконагруженные сервисы, позволяет более эффективно распределять полосу пропускания, применять приоритезацию трафика и оптимизировать качество обслуживания. Особенно это актуально в условиях растущего объёма видеотрафика, который может приводить к перегрузкам в пиковые часы и снижению удовлетворённости пользователей.

Предложенный подход способствует снижению транзитных расходов оператора за счёт более точного понимания структуры трафика и возможности внедрения партнёрских соглашений с крупными провайдерами контента. Такая стратегия не только улучшает производительность сети, но и открывает новые модели монетизации, включая динамическое управление политиками через интеграцию с PCRF. Такой подход формирует глубокий анализ поведения пользователей и особенности сетевой нагрузки, что становится основой для научно обоснованных решений в проектировании и эксплуатации телекоммуникационных сетей.

Совмещение многоадресной рассылки мультимедийного контента с адресной доставкой персонализированных данных в контексте с использованием алгоритма выявления массового запроса мультимедийных данных образует синергетический эффект. Работа демонстрирует потенциал комбинированных сетевых архитектур и может служить основой для разработки эффективных решений по снижению нагрузки на сеть. Результаты проведенного исследования пригодны для применения операторами сотовой связи с целью повышения устойчивости соединения и уровня сервиса для абонентов.

В заключение отметим, что разработанная методика представляет собой сбалансированное решение, сочетающее передовые технические возможности с этическими и правовыми нормами. Она не затрагивает частную сферу пользователей, не требует работы с зашифрованным трафиком и соответствует современным стандартам защиты данных. В условиях развития 5G и дальнейшего роста доли видео в интернет-трафике такой подход может лечь в основу интеллектуальных систем сетевого управления будущего, обеспечивая устойчивость, эффективность и доверие со стороны абонентов.

Литература

1. Бабкин В.А., Строганова Е.П. Методы оценки качества передачи данных в пакетных сетях связи // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Т. 13. № 11. С. 25-31. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10322

2. Egorov D.A., Balobanov A.V., Stroganov E.P. Complex camera characteristics assessment through SFR analysis // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. Т. 19, N. 2. С. 45-52. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-2-45-52.
3. Potashnikov A.M., Stroganov E.P., Vlasuyk I.V. Color contrast method based on subjective warmth and coldness // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. т. 19, N. 2. С. 45-52. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-3-69-76.
4. Ivanchev V.V., Vlasuyk I.V., Stroganov E.P. Objective assessment of colours' warmth // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Т. 18, N. 1. С. 44-50. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-1-44-50.
5. Бабкин В.А., Строганова Е.П. Формирование граничных условий для оценки показателей при мониторинге качества сети связи // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 8. С. 36-41. DOI: 10.18127/j20700814-201808-05.
6. Mehra V., Shankar P.R., Alzubaidi L. H., Karpagam J., Rao S. P. V. S. The Advancement Evolved in the 5G and 6G Networks in Hybrid Technological Field // 2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE), Greater Noida, India, 2024, pp. 155-161, doi: 10.1109/ICACITE60783.2024.10616961.
7. Saha R. K., Cioffi J. M. Dynamic Spectrum Sharing for 5G NR and 4G LTE Coexistence – A Comprehensive Review // in IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 5, pp. 795-835, 2024, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3351528
8. Islam S., Zainab Abdulsalam A., Anil Kumar B., Kamrul Hasan M., Kolandaisamy R., Safie N. Mobile Networks Toward 5G/6G: Network Architecture, Opportunities and Challenges in Smart City // IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 6, pp. 3082-3093, 2025, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3419791
9. Andrabi U. M., Stepanov S. N., Stepanov M. S., Kanishcheva M. G., Habinshuti F. X. The Model of Conjoint Servicing of Real Time and Elastic Traffic Streams Through Processor Sharing (PS) Discipline with Access Control // 2021 International Conference Engineering and Telecommunication (En&T), Dolgoprudny, Russian Federation, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/EnT50460.2021.9681745.
10. Hassan T., Mowla M., Novel A. MAC Scheduling Approach for Mobility based 5G Millimeter Wave Networks // 2022 4th International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE), Rajshahi, Bangladesh, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECTE57896.2022.10114524.
11. Маренков, Н.М., Шапкин В.А., Плотников А.А. О некоторых проблемах передачи информации в беспроводных сетях // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок. Курск: ЗАО «Университетская книга». 2023. С. 208-211.
12. Ahn S., Park S. -I., Lee J. -Y., Hur N., Kang J. Cooperation Between LDM-Based Terrestrial Broadcast and Broadband Unicast: On Scalable Video Streaming Applications // IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 67, No. 1, pp. 2-22, March 2021, doi: 10.1109/TBC.2020.3028331.
13. Malkovich O.B., Grychkin S.E., Stroganov E.P. Investigation of Portable Communication Devices with Electrochemical Power Sources Application Features // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications Conf., IEEE, 2022, DOI: 10.1109/IEEECONF53456.2022.9744368.
14. 3GPP TS 23.401 General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 8).
15. 3GPP TS 36.413 LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (SIAP).
16. 3GPP TS 29.274 3GPP Evolved Packet System (EPS); Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunneling Protocol for Control plane (GTPv2-C); Stage 3.
17. 3GPP TS 29.212 Policy and Charging Control (PCC); Reference points.
18. 3GPP TS 29.281 General Packet Radio System (GPRS) Tunneling Protocol User Plane (GTPv1-U) (Release 13).
19. Мелихов Е.О., Строганова Е.П. Многоадресная рассылка мультимедийного контента и адресная доставка в мобильных сетях 4G/5G: методы эффективного использования частотного спектра и расчет зоны покрытия // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. Т. 19. № 11. С. 41-50. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-11-41-50
20. Мелихов Е.О., Строганова Е.П. Топология и функционирование сети мобильного оператора при комбинировании одноадресного и широкоэмитерного сегментов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Т. 18. № 5. С. 29-35. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-5-29-35
21. Мелихов Е.О., Строганова Е.П. Возможности широкоэмитерного распространения медиаконтента в системах мобильной связи 5G // В сборнике: Технологии информационного общества. Сборник трудов XVIII Международной отраслевой научно-технической конференции. Москва, 2024. С. 37-38.
22. Stroganov E.P., Melikhov E.O. Provision of broadcast multimedia content in 5G mobile systems using satellite broadcasting // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2024. Т. 7. № 1. С. 452-456. DOI:10.1109/IEEECONF60226.2024.10496729
23. Melikhov E.O., Stroganov E.P. Intelligent Management of Combined Traffic in Promising Mobile Communication Networks. // 2024 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications. 2024. pp. 1-5. DOI: 10.1109/SYNCHROINFO61835.2024.10617611
24. Melikhov E.O., Stroganov E.P. Broadcast Content Distribution in 5G Mobile Networks Integrated with Satellites // 2025 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications. 2025. pp. 1-5. DOI: 10.1109/IEEECONF64229.2025.10948038.
25. Пыков Е.В., Строганова Е.П., Дворников С.В. Модель помехозащищенного радиоканала декаметрового диапазона с системой автоматической оценки эффективности функционалов оценки детекторов сигнала МПЧТ // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Т. 18. № 7. С. 21-36. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-7-21-36.
26. Бабкин В.А., Строганова Е.П. Моделирование и мониторинг показателей сетевой производительности пакетных сетей на основе пороговой модели // Электросвязь. 2025. № 7. С. 33-39. DOI: 10.34832/ELSV.2025.69.7.005.

USING 4G NETWORK INTERFACES FOR VIDEO STREAMING DETECTION: A METHODOLOGY FOR THE COORDINATED USE OF SIGNALING AND USER DATA

Egor O. Melikhov, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia, e.o.melikhov@edu.mtuci.ru

Elena P. Stroganova, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia, es@radiotest-mtuci.ru

Abstract

Mobile communication system operators are facing a growing demand for multimedia content and the need for efficient use of limited network resources. This article discusses the current problem of analyzing and optimizing the structure of user traffic in 4G LTE networks caused by the massive distribution of streaming video, which requires significant amounts of bandwidth and high connection stability. The aim of the work is to develop an algorithm for detecting a mass request for multimedia data in LTE networks and to create methods for complex analysis aimed at improving the efficiency of network resource management. The scientific value of the work lies in the development of a methodology for correlating data planes of the LTE network core using the end-to-end identifier TEID, which makes it possible to more accurately assess the behavior of subscriber traffic and creates the basis for models combining broadcast and individualized content delivery services. The practical significance of the research lies in the integration of technical traffic analysis, taking into account legal restrictions, including personal data protection requirements. The study analyzes the architecture of the LTE network, paying attention to the functional characteristics of key interfaces and the classification of traffic types to optimize the quality of service and network resources. The main results include the systematization of traffic assessment criteria, confirmation of the importance of the transition to differentiated resource management and the creation of conditions for the implementation of combined strategies, including the integration of multicast of multimedia materials with targeted delivery of personalized data. The study demonstrates the potential of a combined network architecture and serves as the basis for solutions for the development of technologies to effectively reduce the load on the mobile operator's network. The results of the conducted research will be useful for mobile operators who want to improve the quality of communication and the level of customer service.

Keywords: 4G, LTE, network traffic structure, quality of service, multimedia traffic

References

- [1] V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Methods for assessing the quality of data transmission in packet communication networks," *T-Comm*. 2019. Vol. 13. No. 11. pp. 25-31. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10322
- [2] D.A. Egorov, A.V. Balobanov, E.P. Stroganova, "Complex camera characteristics assessment through SFR analysis," *T-Comm*. 2025. Vol. 19. No. 2, pp. 45-52. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-2-45-52.
- [3] A.M. Potashnikov, E.P. Stroganova, I.V. Vlasuyk, "Color contrast method based on subjective warmth and coldness," *T-Comm*. 2025. Vol. 19. No. 2, pp. 45-52. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-3-69-76.
- [4] V.V. Ivanchev, I.V. Vlasuyk, E.P. Stroganova, "Objective assessment of colours' warmth," *T-Comm*. 2024. Vol. 18, No. 1, pp. 44-50. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-1-44-50.
- [5] V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Formation of boundary conditions for assessing indicators when monitoring the quality of a communication network," *Information, measuring and control systems*. 2018. Vol. 16. No. 8, pp 36-41. DOI: 10.18127/j20700814-201808-05.
- [6] V. Mehra, P.R. Shankar, L.H. Alzubaidi, A.P.J. Karpagam, and S.P.V.S. Rao, "The Advancement Evolved in the 5G and 6G Networks in Hybrid Technological Field," *2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, Greater Noida, India, 2024, pp. 155-161, doi: 10.1109/ICACITE60783.2024.10616961.
- [7] R.K. Saha, and J.M. Cioffi, "Dynamic Spectrum Sharing for 5G NR and 4G LTE Coexistence – A Comprehensive Review," in *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 5, pp. 795-835, 2024, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3351528
- [8] S. Islam, A. Zainab Abdulsalam, B. Anil Kumar, M. Kamrul Hasan, R. Kolandaisamy and N. Safie, "Mobile Networks Toward 5G/6G: Network Architecture, Opportunities and Challenges in Smart City," in *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 6, pp. 3082-3093, 2025, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3419791
- [9] U.M. Andrabi, S.N. Stepanov, M.S. Stepanov, M.G. Kanishcheva and F.X. Habinshuti, "The Model of Conjoint Servicing of Real Time and Elastic Traffic Streams Through Processor Sharing (PS) Discipline with Access Control", *2021 International Conference Engineering and Telecommunication (En&T)*, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/EnT50460.2021.9681745.
- [10] T. Hassan and M. Mowla, "A Novel MAC Scheduling Approach for Mobility based 5G Millimeter Wave Networks", *2022 4th International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE)*, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICECTE57896.2022.10114524.
- [11] N.M. Marenkov, V.A. Shapkin, A.A. Plotnikov. "On some problems of information transmission in wireless networks", *Innovative potential of society development: the view of young scientists : collection of scientific articles of the 4th All-Russian Scientific Conference of Promising Developments*, Kursk: CJSC "University Book", 2023, pp. 208-211.
- [12] S. Ahn, J. -I. Park, J. -Y. Lee, N. Hur and J. Kang, "Cooperation Between LDM-Based Terrestrial Broadcast and Broadband Unicast: On Scalable Video Streaming Applications," in *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 67, no. 1, pp. 2-22, 2021, doi: 10.1109/TBC.2020.3028331.

- [13] O.B. Malkovich, S.E. Grychkin, E.P. Stroganova, "Investigation of Portable Communication Devices with Electrochemical Power Sources Application Features," *2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications Conf.*, IEEE, 2022, DOI: 10.1109/IEEECONF53456.2022.9744368.
- [14] 3GPP TS 23.401 "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 8) ".
- [15] 3GPP TS 36.413 "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); SI Application Protocol (SIAP) ".
- [16] 3GPP TS 29.274 "3GPP Evolved Packet System (EPS); Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunnelling Protocol for Control plane (GTPv2-C); Stage 3" .
- [17] 3GPP TS 29.212 "Policy and Charging Control (PCC); Reference points". 3GPP Organizational Partners.
- [18] 3GPP TS 29.281 "General Packet Radio System (GPRS) Tunnelling Protocol User Plane (GTPv1-U) (Release 13)".
- [19] E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Multicast of multimedia content and addressable delivery in 4G/5G mobile networks: methods of effective use of the frequency spectrum and calculation of the coverage area," *T-Comm*. 2025. Vol. 19. No. 11, pp. 41-50.. DOI: 10.36724/2072-8735-2025-19-11-41-50.
- [20] E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Topology and functioning of the mobile operator's network when combining unicast and broadcast segments," *T-Comm*. 2024. Vol. 18. No. 5, pp. 29-35. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-5-29-35
- [21] E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Possibilities of broadcast distribution of media content in 5G mobile communication systems," In the collection: *Information Society Technologies. Proceedings of the XVIII International Industrial Scientific and Technical Conference*. Moscow, 2024, pp. 37-38.
- [22] E.P. Stroganova, E.O. Melikhov, "Provision of broadcast multimedia content in 5G mobile systems using satellite broadcasting," *Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*. 2024. Vol. 7. No. 1, pp. 452-456. DOI:10.1109/IEEECONF60226.2024.10496729.
- [23] E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Intelligent Management of Combined Traffic in Promising Mobile Communication Networks," *2024 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications*. 2024. pp. 1-5. DOI: 10.1109/SYNCHROINFO61835.2024.10617611.
- [24] E.O. Melikhov, E.P. Stroganova, "Broadcast Content Distribution in 5G Mobile Networks Integrated with Satellites," *2025 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications*. 2025, pp. 1-5. DOI: 10.1109/IEEECONF64229.2025.10948038.
- [25] E.V. Pykov, E.P. Stroganova, S.V. Dvornikov, "A model of a noise-proof decimeter radio channel with a system for automatically evaluating the effectiveness of the evaluation functionals of the MFRT signal detectors," *T-Comm*. 2024. Vol. 18. No. 7, pp. 21-36. DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-7-21-36.
- [26] V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Modeling and monitoring of network performance indicators of packet networks based on the threshold model," *Electrosvyaz*. 2025. No. 7, pp. 33-39. DOI: 10.34832/ELSV.2025.69.7.005.

Information about authors:

Egor O. Melikhov, postgraduate student, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia.

Elena P. Stroganova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (docent), Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia.