

ТОПОЛОГИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЕТИ МОБИЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ПРИ КОМБИНИРОВАНИИ ОДНОАДРЕСНОГО И ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОГО СЕГМЕНТОВ

DOI: 10.36724/2072-8735-2024-18-5-29-35

Мелихов Егор Олегович,
Московский Технический Университет Связи и Информатики,
Москва, Россия, e.o.melikhov@edu.mtuci.ru

Строганова Елена Петровна,
Московский Технический Университет Связи и Информатики,
Москва, Россия, es@radiotest-mtuci.ru

Manuscript received 17 April 2024;
Accepted 14 May 2024

Ключевые слова: мультимедийный трафик,
мобильная сеть, топология сети, одноадресная сеть,
широковещательная технология

В данной статье исследуется потенциал сочетания одноадресного и широковещательного режимов передачи мультимедийного трафика в сети оператора мобильной связи с целью улучшения процедуры доставки контента. Проведён сравнительный анализ различных топологий сети для широковещательного сегмента и технологий, используемых для доставки широковещательного медиаконтента. Представлен разработанный алгоритм оптимизации распределения трафика в рамках комбинированной сети, которая включает в себя как одноадресный, так и широковещательный компонент. Алгоритм нацелен на эффективное распределение трафика с учетом различных характеристик каждого режима. Распределение происходит путем анализа структуры трафика и определения оптимального пути доставки контента конечным пользователям. Рассмотренный подход потенциально может значительно повысить эффективность и качественные показатели сети, что приведет к более эффективному использованию ограниченного частотного спектра, ресурсов сети мобильной связи и улучшению пользовательского опыта. В качестве подтверждения возможности реализации алгоритма рассмотрены современные подходы, используемые для оценки параметров сети. Представлено описание концепта реализации мультизонового покрытия в системах 5G с комбинированным покрытием, и рассмотренной системой совместного использования оборудования 4G-Advanced и 5G в рамках единой системы доставки одноадресных услуг.

Информация об авторах:

Мелихов Егор Олегович, Московский Технический Университет Связи и Информатики, аспирант, Москва, Россия

Строганова Елена Петровна, Московский Технический Университет Связи и Информатики, д.т.н., профессор, Москва, Россия

Для цитирования:

Мелихов Е.О., Строганова Е.П. Топология и функционирование сети мобильного оператора при комбинировании одноадресного и широковещательного сегментов // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2024. Том 18. №5. С. 29-35.

For citation:

Melikhov E.O., Stroganova E.P. (2024). Topology and functioning of the mobile operator's network when combining unicast and broadcast segments. *T-Comm*, vol. 18, no.5, pp. 29-35. (in Russian)

СВЯЗЬ

Введение

Рост количества услуг мобильной связи и совершенствование абонентских терминалов привел к созданию транспортной инфраструктуры для передачи мультимедийного трафика в соответствии с концепцией сетей связи следующего поколения (Next Generation Network – NGN) [1, 2]. В результате этого сетевая нагрузка резко возросла в текущий момент и в дальнейшей тенденции, а предоставление разнообразных услуг на одной транспортной инфраструктуре вызвало конкуренцию за ресурсы сети. При оказании услуг важно учитывать, что каждая из них требует определенных технологических требований к ресурсам сети. Таким образом, в настоящее время требуется обеспечить, высокое качество услуг (Quality of Service, QoS, «качество обслуживания») и качество восприятия (Quality of Experience, QoE,) в рамках ресурсно-сервисной модели [3, 4].

В зависимости от типа оказываемой услуги выделяют два вида мультимедийного трафика:

- направленный для предоставления услуги мультимедийной передачи данных между пользователями в режиме реального времени;
- направленный на формирование односторонней услуги в виде трафика данных.

К основным характеристикам мультимедийных услуг и влияющих на QoS и QoE относятся:

- данные по загрузке, временному распределению нагрузки на сети, распределения трафика по интенсивности на временном интервале;
- данные по длительности сеансов передачи данных;
- данные по типу информации в трафике;
- данные по размерам передаваемых пакетов в трафике.

В [5, 6] представлен интегральный критерий качества функционирования мультимедийных (пакетных) сетей.

Сегодня сети 4G, основанные на технологии LTE и LTE-Advanced, являются лидером в сфере телекоммуникаций, обеспечивая высокое качество связи и широкий спектр услуг. В перспективной сети следующего поколения 5G управление вызовами и услугами обеспечит еще больший спектр услуг и их более высокое качество.

Однако в таких существующих и перспективных сетях существуют проблемы как перегрузки сети, так и экономической эффективности организации связи. Для решения этих проблем наряду с одноадресной классической организацией связи предназначено применение технологии ширококвещательной доставки мультимедийных данных.

В настоящей работе рассмотрены топология и функционирование сети мобильной связи для организации доставки мультимедийных данных с использованием ширококвещательной технологии.

Широковещательный сегмент мобильной сети

Топология сети играет важную роль в определении ее возможностей, таких как пропускная способность, скорость передачи данных и др., и, соответственно, в реализации услуг. В классической сети типовая топология «точка-точка» (point-to-point) предполагает прямое соединение двух узлов сети, например, базовой станции и абонента.

Широковещательный сегмент в мобильной сети, представленный в виде топологии «точка-многоточка» (point-to-multipoint), реализует одностороннюю передачу мультимедийного трафика от базовой станции к абонентам без возможности обратной связи на всей территории зоны обслуживания мобильного оператора, либо на выделенной территории (сельский или городской район, город, область) с выделением отдельных частотных каналов. Основными категориями поставляемого контента через ширококвещательный сегмент в настоящее время являются следующие:

- распространение онлайн-ТВ и иного вида видео контента в HD-режиме без предварительной буферизации данных;
- обновления программного обеспечения на мобильных устройствах абонента;
- трансляция массовых мероприятий на стадионах или в режиме open-air;
- оставка контента на выделенных территориях;
- распространение данных для участников дорожного движения в режиме реального времени.

Технологии доставки ширококвещательного медиаконтента

Современные решения в сети мобильного оператора представляют собой комбинированное использование одноадресных соединений и ширококвещательного формата доставки контента. Топология комбинированной сети представлена на рисунке 1, реализованной по технологиям Tower Overlay и 4G-eMBMS (evolved Multicast/Broadcast Multimedia Services, услуга улучшенной ширококвещательной/ многоадресной передачи в сетях). Данный вариант топологии сети позволяет реализовать при помощи ресурсов мобильного оператора комбинированный подход по доставке контента [7].

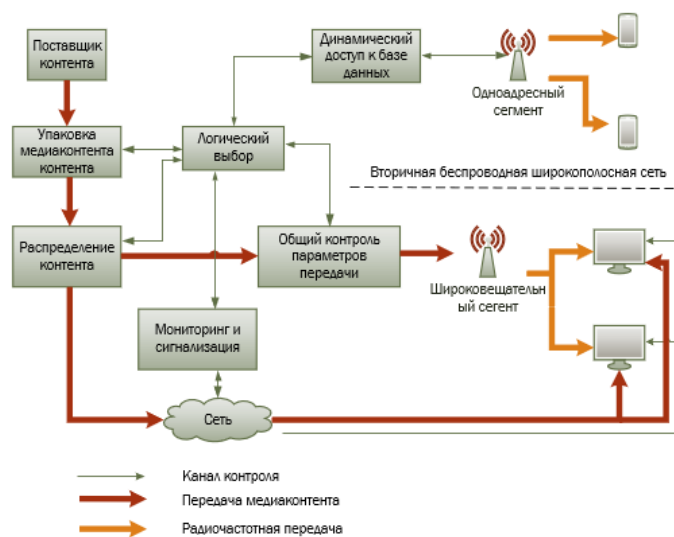


Рис. 1. Топология комбинированной сети для передачи мультимедийного трафика

Технология «TowerOverlay over LTE-A+» предназначена для оказания услуг вещания при помощи традиционной инфраструктуры передачи данных HTHP (High Tower High

Power) и благодаря выделенным несущим из сети LTE-Advanced. Основное достоинство такой схемы вещания – широкая зона покрытия, достигаемая посредством использования немногочисленных и высоко закрепленных передающих антенн.

Схема работы для абонента представлена следующим образом: одноадресные услуги предоставляются по средствам сети сотовой связи стандарта LTE/LTE-Advanced, а через сеть TowerOverlay – данные, востребованные у множества абонентов (рис. 2). В своей основе TowerOverlay предполагает использование формата широковещательной передачи, передоложенного телевизионным вещанием, то есть предоставление заранее выбранных категорий контента множеству абонентов на территории вещания [8]. Данный технологический подход позволяет потенциально бесконечному количеству мобильных абонентов одновременно получать один и тот же контент, используя только фиксированный объем сетевых ресурсов, выделенных из частотного ресурса мобильного оператора.

В рамках спецификации Release 8 3rd Generation Partnership Project (3GPP) было принято решение использовать технологию широковещательного формата с усовершенствованными службами мультивещания и многоадресной рассылки eMBMS. В системах 4G были предложены две схемы передачи, основанные на технологии eMBMS с специализированным форматом кадра на физическом уровне. Первая схема, SC-eMBMS (Single Cells, SC), позволяет пользователям получать обратную связь о состоянии канала и динамически выбирать подходящий режим, устраняя недостатки, которые существовали до LTE-eMBMS.

Эта схема также динамически адаптируется к текущему распределению пользователей в ячейке и может быть отключена в ячейках, где служба не используется, что повышает энергоэффективность сети. Вторая схема, SFN-eMBMS (Single Frequency Net, SFN), представляет покрытие сети одним и тем же сигналом передачи с единой схемой, что позволяет нивелировать наихудшие возможные условия приема пользователя и увеличивать скорость передачи по границам зоны обслуживания. Преимуществом этой схемы является возможность перенастройки уже используемого оборудования без необходимости покупки дополнительного. Однако для обеих схем необходимо выделять частотный ресурс из ограниченных возможностей мобильного оператора.

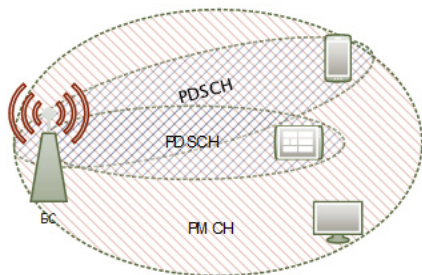


Рис. 2. Технология LTE-eMBMS (PDSCH – физический одноадресный канал, PMCH – физический широковещательный канал)

В рамках спецификации Release 14 3GPP в обновленной версии стандарта LTE были значительно улучшены возможности вещания в сети LTE, включая архитектуру. В новую

версию MBMS, которая получила название FeMBMS (Further evolved MBMS), были внесены значительные изменения. В результате введения FeMBMS мобильный сигнал стал иметь еще меньше различий с телевизионным стандартом DVB-T2, который используется в базовом варианте технологии T0oL+ для передачи данных в формате вещания.

Представленные выше технологии имеют свою зону применения [8, 9], однако наибольший потенциал реализуется при совместном использовании сети LTE-eMBMS и топологии TowerOverlay [10]. Преимущества подобного подхода заключается в возможности передачи разнообразного по типу и расширению контента в рамках протокола IP-сети на оборудовании мобильного оператора. Следует обратить внимание на то, что технология TowerOverlay предполагает наличие мощного передатчика. Следовательно, нужно учитывать возникающую проблему электромагнитной совместимости [11].

В настоящее время отсутствие возможности учитывать запросы абонентов при предоставлении широковещательного контента в режиме реального времени является потенциальной областью для развития. Этот вывод основан на технических решениях, которые в настоящее время активно внедряются.

Алгоритм распределения нагрузки комбинированной сети связи с одноадресным и широковещательным сегментами

в рамках современного развития мобильных сетей 4G и 5G совместно с использованием уже представленных выше технических решений возникает возможность по реализации следующего шага по развитию мобильной сети, а именно предоставление возможности мобильному оператору выбирать пути распространения контента из широковещательного и одноадресного сегмента сети в зависимости от параметров трафика сети и некоторых других условий (например, общественной значимости или безопасности) в режиме реального времени.

На рисунке 3 представлен алгоритм по распределению запросов абонентов по сегментам распространения в мобильной сети. Включение аналитического процесса в режиме реального времени совместно с пороговыми значениями позволяет реализовать процесс в виде адаптивного алгоритма. При выставлении пороговых значений для распределения трафика возможна вариативность комбинаций, что позволяет реализовать данный подход для разных типов зон обслуживания в зависимости от требований оператора мобильной сети.

Предложенный алгоритм по своей компоновке разделен на два логических участка проверки трафика: уровень базовой станции (БС) и уровень сервера управления сети. Уровень БС предоставляет информацию по нагрузке на территории конкретной зоны обслуживания и анализирует трафик по адресату-поставщику контента, исходя из категорий синхронный и асинхронный тип трафика.

Далее запрос отправляется на ядро сети с возможной сигнализацией в случае обнаружения подобия запросов на территории обслуживания БС. Техническая информация по нагрузке в зоне обслуживания БС передается в фоновом режиме в формате реального времени.

СВЯЗЬ

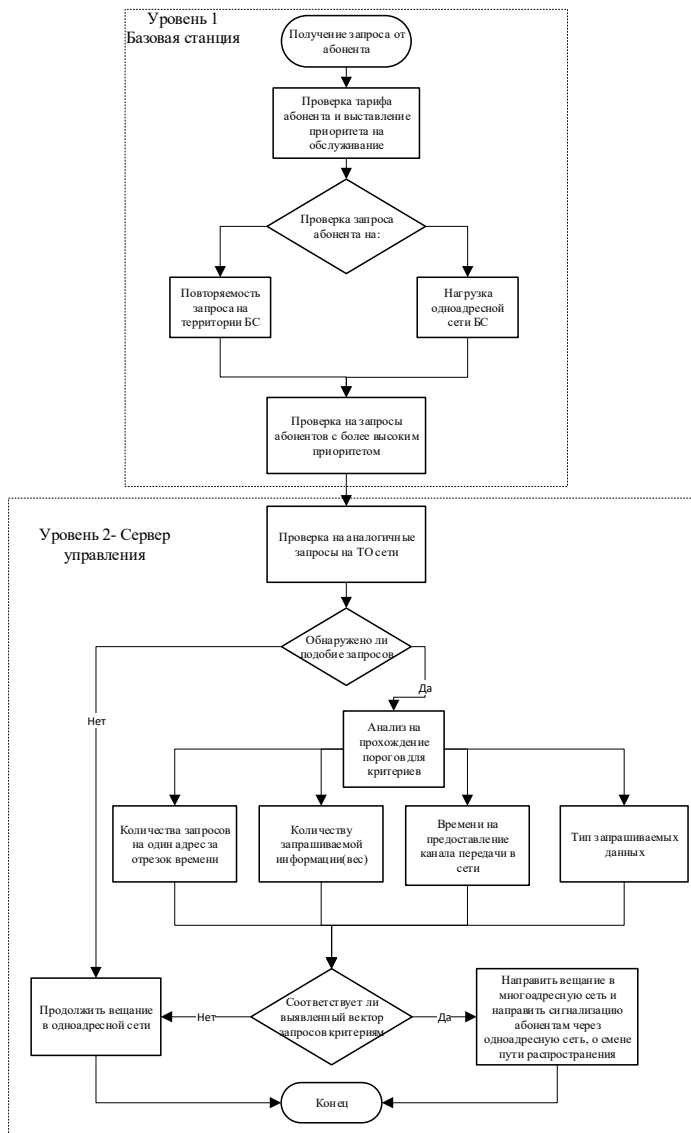


Рис. 3. Алгоритм распределения трафика в комбинированной сети связи

Следующим этапом, который является переходным между уровнями, но логически относится к уровню сервера управления, происходит выставление приоритета для запроса абонента в сети исходя из тарифного плана абонента.

В качестве второго уровня распределения представляется работа выполняемая непосредственно на сервере управления сети. На данном уровне стадия 1 выделена как логический выбор (рис. 3), собирается статистика по проходящему трафику со всей территории обслуживания сети оператора и, в соответствии с выставленными заранее пороговыми значениями, происходит распределение по сегментам (широковещательный или одноадресный) распространения контента.

Для определения сегмента распространения следует обращаться к комплексному значению, зависящему от следующих показателей: количество аналогичных запросов в сети, тип предоставляемого контента (мультимедиа, цифровое изображение, голосовые сервисы), время, занимаемое при передаче данных в сети: переменное или постоянное (в случае обращения к потоковой трансляции), вместе с данными по тарифу абонента и загрузки одноадресной сети.

Представленный выше адаптивный алгоритм обладает следующими достоинствами: может быть реализован на уже существующем оборудовании, имеет потенциал для реализации в сетях 5G при некоторой минимальной доработке.

Современные подходы, используемые для оценки параметров сети

Рассмотрим пользовательские приложения в сети, функционирующие как сервисы в рамках модели NGN (рис. 4), на которые имеют свои уникальные требования к качеству обслуживания, независимо от уровня модели OSI, на котором предоставляются услуги оператором связи.

В настоящее время основными протоколами для передачи пакетов данных в сетях с коммутацией пакетов являются протоколы IP на сетевом уровне и Ethernet на канальном уровне. В рамках структуры модели OSI протокол IP играет важную роль в обеспечении связи между отправителем и получателем, поскольку передача информации осуществляется на основе адресов, закодированных в IP-заголовке.

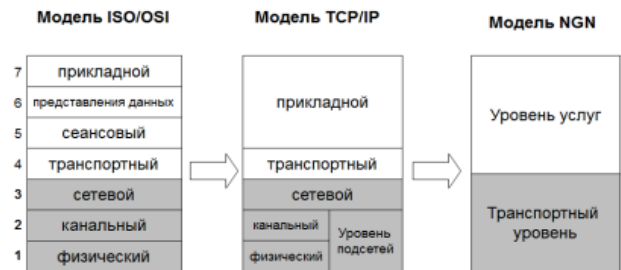


Рис. 4. Существующие и потенциальные варианты оценки сети

Для оценки QoS и NP (Network Performance, показатель качества функционирования сети) установлены основные критерии, которые определяют возможность взаимодействия между сетевыми устройствами для передачи и приема данных:

- скорость передачи данных;
- очность обеспечения доступа;
- адекватность доступа;
- очность передачи данных;
- надежность передачи данных от потерь;
- скорость разъединения;
- точность разъединения;
- надежность разъединения.

Среди ключевых характеристик протокола NP, важных для обеспечения надежности передачи информации от отправителя к получателю, можно выделить следующие:

- время задержки передаче пакета IP;
- изменение времени задержки передачи пакетов IP;
- доля пакетов IP переданных с ошибками;
- доля потерь среди пакетов IP;
- доля пакетов IP переданных с нарушением порядка следования;
- доля дублирования пакетов IP.

Как видно из вышеперечисленных критериев и вариаций элементов применяемых для оценки современных систем мобильной связи реализация алгоритма распределения на базе современных систем представляется возможным без существенных изменений к существующему и будущему подходу измерений параметров мобильной сети.

Соответственно исходя из выведенной возможности для реализации системы распределения возникает следующий логический вопрос, который заключается в необходимости определения строгой системы для оценивания параметров, например, такие как:

- средневзвешенная оценка. В этом случае каждому показателю присваивается весовой коэффициент, отражающий его значимость. Затем каждый показатель умножается на свой весовой коэффициент, и полученные значения суммируются.

- балльная система. Каждому показателю присваивается определенный балл в зависимости от его значения. Затем баллы суммируются для получения итоговой оценки.

- метод экспертных оценок. В этом случае эксперты оценивают каждый показатель по определенной шкале, например, от 1 до 10. Затем эти оценки усредняются для получения итоговой оценки.

- метод сравнения с эталоном. В этом случае показатели сравниваются с заранее установленными эталонными значениями.

Наиболее перспективным направлением для использования сортировки трафика в рамках системы по распределению контента по сегментам доставки является интегральная оценка вектора трафика \mathbf{J} , состоящего из показателей трафика j , и сравнения его с вектором пороговых значений \mathbf{R} в режиме реального времени:

$$\mathbf{J} \geq \mathbf{R} \tag{1}$$

Общее время превышения порога P_j для j -го показателя определяется по формуле:

$$P_j = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \tag{2}$$

где n – количество временных интервалов с превышением показателя порогового значения. В упрощенном варианте результирующее время превышения порога $P_{рез}$ для m показателей представляется в виде:

$$P_{рез} = \sum_{j=1}^m P_j. \tag{3}$$

Оценка взаимосвязи показателей, применение комплексного показателя и сравнения его с пороговыми значениями требует дальнейшего исследования.

Реализация мультизонового покрытия в системах 5G с комбинированным покрытием

Топология мобильных сетей 5G представляет собой сложную и гибкую структуру, которая позволяет обеспечить высокую скорость передачи данных, надежность и эффективность работы сети. Она является основой для разработки новых приложений и сервисов, которые будут использовать возможности 5G [12].

Топология 5G предполагает совместное использования оборудования 4G-Advanced и 5G, и включает в себя два ключевых элемента: базовые станции и ячейки. БС могут быть общими для 4G-Advanced и 5G, что позволяет использовать уже существующую инфраструктуру для обеспечения

связи между устройствами конечных пользователей и сетью, однако, БС должны поддерживать технологию 5G.

Таким образом, топология 5G в контексте совместного использования оборудования 4G и 5G представляет собой комбинацию уже существующей инфраструктуры и новых элементов, которые обеспечивают работу 5G. Это позволяет операторам связи более гибко использовать свою инфраструктуру и постепенно переходить на новую технологию без значительных затрат на обновление всей сети, при совместной работе 4G и 5G, зоны покрытия 4G будут охватывать большую территорию, поскольку уже установленная инфраструктура 4G будет использоваться для обеспечения связи с устройствами конечных пользователей [13].

Перспективы совместного применения технологий TowerOverlay и FeMBMS [10] позволяет реализовать существенный перечень запрашиваемых абонентами услуг в сфере вещания. Использование гибкой обратной связи со стороны абонента вместе с системой передачи данных 4G и алгоритмами оптимизации распределения радиочастотного спектра в системах 5G [14] позволяет редактировать контент, выгруженный в системы вещания TowerOverlay, в режиме реального времени в соответствии с потребностями абонента (рис. 5).

С целью расширения заинтересованной абонентской базы и повышения конкурентоспособности технологии FeMBMS на фоне существующих вещательных сетей был представлен вариант передачи данных без использования обратного канала receive-only mode, допускающий использование FeMBMS без SIM-карты, позволяя подключить к клиентской базе мобильных операторов пользователей цифрового телевидения [15-18].

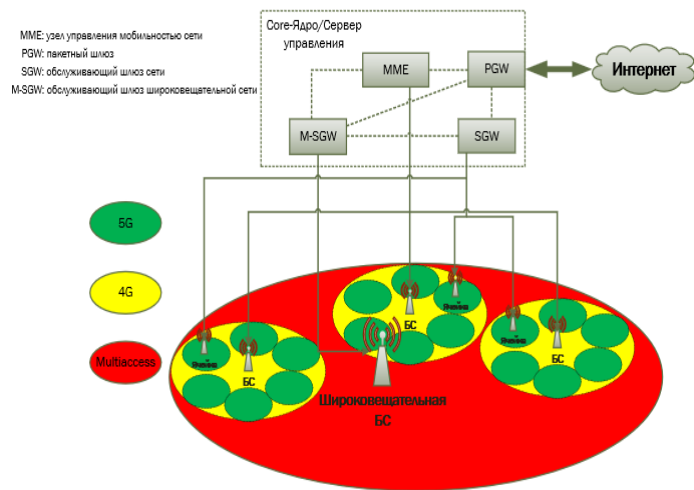


Рис. 5. Топология сети следующего поколения

Взаимодействие всех представленных выше технологий в сети мобильной связи позволяет реализовать трехуровневую модель распределения контента, подразделенную на широковещательный и одноадресный сегмент. Для реализации трехуровневой топологии распределения мультимедийного контента помимо системы мониторинга [19-22] в представленном выше алгоритме (рис. 3) необходимо ввести дополнительное распределение для одноадресного сегмента сети [23].

Направление дальнейших исследований

Для решения проблемы перехода к комбинированной технологии распространения мобильного контента требуется разработка возможных моделей адаптивного алгоритма распределения трафика, которые учитывают условия в сети на основании результатов мониторинга параметров сети. Такой алгоритм будет увеличивать эффективность работы сети с комбинированной технологией. Создание моделей адаптивного алгоритма распределения трафика является необходимым условием для оптимальной работы сетей мобильной связи в условиях различных путей передачи данных.

Важной задачей является разработка критериев и пороговых значений алгоритма, связанных с параметрами сети, такими как пропускная способность, задержка, уровень помех и др. Определенные критерии в свою очередь позволят адаптивному алгоритму своевременно реагировать на изменения в сети, выбирать наиболее эффективный путь распределения трафика в сетях мобильной связи, и обеспечивать качество связи. Для проверки реализации адаптивного алгоритма перехода сети на широкоэвещательный контент при различных вариантах загрузки сети предлагается использовать программно-аппаратный комплекс мониторинга «ВЕКТОР-2019» [19].

Литература

1. *Janevski T.* QoS for Fixed and Mobile Ultra-Broadband. John Wiley & Sons Ltd, 2019. 326 p.
2. *Malkovich O.B., Grychkin S.E., Stroganova 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.
3. *Бабкин В.А., Строганова Е.П.* Методы оценки качества передачи данных в пакетных сетях связи // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. №11. С. 25-31.
4. *Бабкин В.А., Строганова Е.П.* Формирование граничных условий для оценки показателей при мониторинге качества сети связи // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. №8. С. 36-41.
5. *Babkin V.A., Stroganova E.P.* Evaluation and Optimization of Virtual Private Network Operation Quality // 2019 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Russia, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SYNCHROINFO.2019.8813962.
6. *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.
7. *Richter L., Dreyer N., Ilsen S., Juretzek F., Rother D.* System-level simulation of a multilayer broadcast and broadband system // 2017 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Cagliari, Italy, 2017, pp. 1-9, doi: 10.1109/BMSB.2017.7986170.
8. *Ilsen S., Juretzek F., Richter L., Rother D., Brétillon P.* Tower overlay over LTE-Advanced+ (TOoL+): Results of a field trial in Paris // 2016 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Nara, Japan, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/BMSB.2016.7521952.
9. 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1" Tech. Rep. TS22.146 V13.0.0, Dec. 2015.
10. *Мелихов Е.О., Пухтер С.Г.* О совместном использовании сети LTE-eMBMS и топологии TOWER OVERLAY // В сборнике: Телекоммуникационные и вычислительные системы. Юбилейный сборник трудов тридцатого международного научно-технического форума. 2022. С. 407-410.
11. *Grychkin S.E., Stroganova E.P.* «Smart City»: Electromagnetic Compatibility Problem // 2023 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF), St. Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/WECONF57201.2023.10148020.
12. 3GPP, TS 22.261, "Service Requirements for the 5G System; Stage 1 (Release 16), V16.7.0", Mar. 2019.
13. *Säily M., Barjau Estevan C., Joan Gimenez J., Tesema F., Guo W., Gomez-Barquero D., Mi De.* 5G Radio Access Network Architecture for Terrestrial Broadcast Services // IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 66, no. 2, pp. 404-415, June 2020, doi: 10.1109/TBC.2020.2985906.
14. *Guo W., Fuentes M., Christodoulou L., Mouhouche B.* Roads to Multimedia Broadcast Multicast Services in 5G New Radio // 2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Valencia, Spain, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/BMSB.2018.8436874.
15. *Uitto M., Heikkinen A., Rantala S.J., Mäkelä J.* Evaluation of Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service for More Efficient Mobile Video Streaming // 2019 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), San Diego, CA, USA, 2019, pp. 103-1034, doi: 10.1109/ISM46123.2019.00024.
16. *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
17. *Gabilondo A., Morgade J., Viola R., Angueira P., Montalbán J.* Realising a vRAN based FeMBMS Management and Orchestration Framework // 2020 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Paris, France, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/BMSB49480.2020.9379891.
18. *Lustica A., Bozek J.* 5G Technology for Broadcast TV Applications // 2019 International Symposium ELMAR, Zadar, Croatia, 2019, pp. 97-100, doi: 10.1109/ELMAR.2019.8918666.
19. *Stroganova E.P., Grychkin S.E.* Multiservice Networks Performance Monitoring System Approach and its Experimental Implementation // 2023 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH), Vienna, Austria, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/EMCTECH58502.2023.10297000.
20. *Nemykin A.A., Stroganova E.P.* Analysis of moving radio electronic measuring instruments characteristics // 2020 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH), 2020, doi: 10.1109/EMCTECH49634.2020.9261508.
21. *Yuskov I.O., Stroganova E.P.* Applying a Neural Network Approach to Monitoring Corporate Networks with Various Configurations // 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), 2020, doi: 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166044.
22. *Babkin V.A., Stroganova E.P.* Integral Quality Indicators of Modern Communication Network Functioning // 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO, 2020, doi: 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166051.
23. *Mumtaz T., Muhammad S., Aslam M.I., Mohammad N.* Dual Connectivity-Based Mobility Management and Data Split Mechanism in 4G/5G Cellular Networks // IEEE Access, vol. 8, pp. 86495-86509, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992805.

TOPOLOGY AND FUNCTIONING OF THE MOBILE OPERATOR'S NETWORK WHEN COMBINING UNICAST AND BROADCAST SEGMENTS

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

This article explores the potential of combining unicast and broadcast modes of multimedia traffic transmission in the network of a mobile operator in order to improve the content delivery procedure. A comparative analysis of various network topologies for the broadcast segment and technologies used to deliver broadcast media content is carried out. The developed algorithm for optimizing traffic distribution within a combined network, which includes both a unicast and a broadcast component, is presented. The algorithm is aimed at efficient traffic distribution, taking into account the different characteristics of each mode. The distribution takes place by analyzing the traffic structure and determining the optimal way to deliver content to end users. The considered approach can potentially significantly improve the efficiency and quality of the network, which will lead to more efficient use of the limited frequency spectrum, mobile network resources and improved user experience. As a confirmation of the possibility of implementing the algorithm, modern approaches used to evaluate network parameters are considered. A description of the concept of implementing multi-zone coverage in 5G systems with combined coverage, and the considered 4G-Advanced and 5G equipment sharing system within the framework of a single unicast service delivery system is presented.

Keywords: multimedia traffic, mobile network, network topology, unicast network, broadcast technology.

References

1. T. Janevski, "QoS for Fixed and Mobile Ultra-Broadband," John Wiley & Sons Ltd, 2019. 326 p.
2. O.B. Malkovich, S.E. Grychkin, E.P. Stroganova, "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
3. V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Methods for assessing the quality of data transmission in packet communication networks", *T-Comm*. 2019. No. 11, pp. 25-31.
4. V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Formation of boundary conditions for evaluating indicators when monitoring the quality of a communication network", *Information measuring and control systems*. 2018. No.8, pp. 36-41.
5. V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Evaluation and Optimization of Virtual Private Network Operation Quality," *2019 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SYNCHROINFO.2019.8813962
6. V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Formation of boundary conditions for evaluating indicators when monitoring the quality of a communication network", *Information measuring and control systems*. 2018. Vol. 16. No. 8, pp. 36-41.
7. L. Richter, N. Dreyer, S. Ilse, F. Juretzek and D. Rother, "System-level simulation of a multilayer broadcast and broadband system," *2017 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, Cagliari, Italy, 2017, pp. 1-9, doi: 10.1109/BMSB.2017.7986170
8. S. Ilse, F. Juretzek, L. Richter, D. Rother and P. Br?tillon, "Tower overlay over LTE-Advanced+ (TOL+): Results of a field trial in Paris," *2016 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, Nara, Japan, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/BMSB.2016.7521952
9. 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1" Tech. Rep. TS22.146 V13.0.0, Dec. 2015.
10. E.O. Melikhov, S.G. Richter, "On the joint use of the LTE-eMBMS network and the TOWER OVERLAY topology", *In the collection: Telecommunication and computing systems. The jubilee collection of works of the thirtieth International Scientific and Technical Forum*. 2022, pp. 407-410.
11. S.E. Grychkin, E.P. Stroganova, "'Smart City': Electromagnetic Compatibility Problem," *2023 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF)*, St. Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/WECONF57201.2023.10148020
12. 3GPP, TS 22.261, "Service Requirements for the 5G System; Stage 1 (Release 16), V 16.7.0", Mar. 2019.
13. M. Sily et al., "5G Radio Access Network Architecture for Terrestrial Broadcast Services," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 66, no. 2, pp. 404-415, June 2020, doi: 10.1109/TBC.2020.2985906
14. W. Guo, M. Fuentes, L. Christodoulou and B. Mouhouche, "Roads to Multimedia Broadcast Multicast Services in 5G New Radio," *2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, Valencia, Spain, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/BMSB.2018.8436874
15. M. Uitto, A. Heikkinen, S.J. Rantala and J. Makela, "Evaluation of Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service for More Efficient Mobile Video Streaming," *2019 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)*, San Diego, CA, USA, 2019, pp. 103-1034, doi: 10.1109/ISM46123.2019.00024
16. S. Ahn, S.-I. Park, J.-Y. Lee, N. Hur and J. Kang, "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
17. A. Gabilondo, J. Morgade, R. Viola, P. Angueira and J. Montalban, "Realising a vRAN based FeMBMS Management and Orchestration Framework," *2020 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, Paris, France, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/BMSB49480.2020.9379891
18. A. Lustica and J. Bozek, "5G Technology for Broadcast TV Applications," *2019 International Symposium ELMAR*, Zadar, Croatia, 2019, pp. 97-100, doi: 10.1109/ELMAR.2019.8918666
19. E.P. Stroganova and S.E. Grychkin, "Multiservice Networks Performance Monitoring System Approach and its Experimental Implementation," *2023 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)*, Vienna, Austria, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/EMCTECH58502.2023.10297000
20. A.A. Nemykin, E.P. Stroganova, "Analysis of moving radio electronic measuring instruments characteristics," *2020 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH)*, 2020, doi: 10.1109/EMCTECH49634.2020.9261508
21. I.O. Yuskov; E.P. Stroganova, "Applying a Neural Network Approach to Monitoring Corporate Networks with Various Configurations," *2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 2020, doi: 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166044
22. V.A. Babkin, E.P. Stroganova, "Integral Quality Indicators of Modern Communication Network Functioning," *2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SYNCHROINFO*, 2020, doi: 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166051
23. T. Mumtaz, S. Muhammad, M.I. Aslam and N. Mohammad, "Dual Connectivity-Based Mobility Management and Data Split Mechanism in 4G/5G Cellular Networks," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 86495-86509, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992805

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