

Проблемы искусственного интеллекта. 2026. N 1 (40). С. 215-225
Problems of Artificial Intelligence. 2026; 1(40):215–225
Системный анализ, управление и обработка информации, статистика
Научная статья

УДК 519.8: 621.391
doi: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-215-225

М. И. Трушкин, О. А. Криводубский
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
283050, г. Донецк, пр. Богдана Хмельницкого, 84

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

M. I. Trushkin, O. A. Krivodubsky
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Donetsk National Technical University"
283050, c. Donetsk, Bogdana Khmel'nitskogo av.

ANALYSIS OF OPPORTUNITIES TO IMPROVE THE QUALITY OF CUSTOMER SERVICE IN THE TELEPHONE NETWORK

В статье рассмотрены понятия качества обслуживания клиентов телефонной сети, существующие способы повышения качества обслуживания, проанализированы ограничения современных подходов к управлению качеством, а также определены требования для будущих исследований.

Ключевые слова: телефонная сеть; базовые станции; мобильная связь; качество обслуживания; автоматическая оптимизация

The article examines the concept of quality of service in mobile telephone networks, reviews existing methods for improving service quality, analyzes limitations of current approaches to quality management, and outlines requirements for future research.

Keywords: mobile telephone network; base stations; mobile communications; quality of service; automated optimization.

Введение

В условиях роста трафика, увеличения плотности пользователей и расширения спектра предоставляемых сервисов — от голосовой связи до приложений реального времени — требования к стабильности и предсказуемости качества продолжают повышаться. Прогнозирование параметров трафика современных телекоммуникационных систем имеет большое значение для их развития и предоставления качественных услуг абонентам [1]. При этом даже технически исправное оборудование не всегда обеспечивает приемлемый уровень обслуживания. Как сказано в статье [2] важно различать аппаратную надежность и надежность связи.

Параметры радиосреды динамичны, нагрузка неравномерна, а конфигурации передающих станций зачастую остаются неизменными в течение длительного времени. В наше время: удовлетворенность потребителей — это результат восприятия качества, вытекающий из сравнения их ожиданий с реально наблюдаемыми фактами.[3]

Передающие станции (базовые станции) являются ключевым элементом радиодоступа в сетях подвижной радиосвязи. Именно на их уровне формируются QoS-показатели: успешность установки вызова, вероятность разрыва соединения, уровень помех, пропускная способность канала. Станции непрерывно генерируют большие объёмы диагностических и эксплуатационных данных — так называемые информационные потоки, включающие как внутренние метрики (загрузка CPU, температура, уровень сигнала), так и внешние отчёты (измерения от абонентских устройств, события хэндовера, тревоги). Информационный поток — это совокупность сообщений для управления и контроля [4]. Эти потоки содержат полную картину текущего состояния соты и, при правильной обработке, могут стать основой для автоматической коррекции параметров работы станции.

Современные подходы к управлению сетью — такие как Self-Organizing Networks (SON) — уже частично реализуют идею автоматической оптимизации на основе данных. Однако на практике внедрение таких решений ограничено: системы часто фрагментированы, данные поступают с задержкой, а логика принятия решений недостаточно адаптивна к локальным условиям. В результате значительная часть потенциала информационных потоков, генерируемых передающими станциями, остаётся неиспользованной.

В этой связи актуальной становится задача системного анализа возможностей повышения качества обслуживания за счёт рациональной организации и автоматизированной обработки информационных потоков на уровне передающих станций. Настоящая вводная статья направлена на формирование концептуальной основы для разработки специализированного программного обеспечения, способного преобразовывать «сырые» данные в целенаправленные управляющие воздействия, тем самым обеспечивая устойчивое качество связи без постоянного вмешательства оператора.

Целью исследования является анализ возможностей повышения качества обслуживания в сетях подвижной радиосвязи за счет организации оперативной обработки информационных потоков передающих станций. В работе рассматриваются ключевые понятия качества обслуживания и его связи с восприятием пользователя, анализируется состав внутренних данных, доступных на уровне передающей станции, выявляются ограничения современных подходов к управлению качеством, включая функции Self-Organizing Networks, и обосновывается перспективность перехода к локально адаптивной, оперативной стратегии управления параметрами станции без модификации аппаратной части.

Таким образом, ограничения современных систем управления качеством связи связаны не столько с отсутствием данных, сколько с их фрагментированной и запоздывающей обработкой, что открывает пространство для локальных, адаптивных решений.

Качество обслуживания в телефонных сетях: определение и ключевые показатели

В современном мире требования к качеству обслуживания стремительно растут [5]. Качество связи можно представить в виде некоторого списка метрик доступных для измерения на уровне базовых станций.

Как сказано в работе [6], первоначальным практическим этапом определения качества связи в сети является драйв-тест. Драйв тест представляет собой фиксирование реальных показателей сети в процессе перемещения в пределах изменяемого участка посредством специального оборудования и тестовых телефонов.[7]

Quality of Experience (QoE) представляет собой оценку качества восприятия услуги, на стороне пользователя, позволяющую очертить ухудшение качества и идентифицировать причины их возникновения [8], [9]. Основным методом измерения QoE является субъективное тестирование, при котором группа пользователей оценивает качество услуги по стандартизированным шкалам. К числу общепринятых методов относятся:

- средняя оценка по мнению пользователей (Mean Opinion Score, MOS) — числовая оценка качества по пятибалльной шкале, полученная на основе анкетирования;
- скрытая оценка (Hidden Reference Assessment) — метод, при котором пользователь оценивает качество без сравнения с эталоном;
- оценка с полным сравнением (Absolute Category Rating, ACR) — прямая оценка качества отдельно взятой сессии.

В соответствии с рекомендацией ITU-T E.800[10], Quality of Service (QoS) представляет собой совокупность объективных, измеримых характеристик услуги подвижной радиосвязи, определяющих её пригодность для предоставления голосовых и базовых сервисов передачи данных [11]. В мобильных сетях выделяют радиоуровневые показатели (RSRP, RSRQ, SINR), отражающие состояние радиоканала, и сервисные показатели (CSSR, CDR, HOSR), характеризующие успешность предоставления услуг.

Расшифровка и краткое объяснение указанных аббревиатур приведено ниже:

- уровень принимаемой мощности опорного сигнала (RSRP) — среднее значение мощности принимаемого опорного сигнала на ресурсных элементах, измеряемое в дБм;
- качество принимаемого опорного сигнала (RSRQ) — отношение уровня опорного сигнала к общей мощности в измерительной полосе, включая помехи и шум, выраженное в дБ;
- отношение сигнал/помеха плюс шум (SINR) — отношение мощности полезного сигнала к сумме мощностей помех и шума, измеряемое в дБ;
- успешность установления вызова (Call Setup Success Rate, CSSR) — доля вызовов, успешно установленных с первой попытки, от общего числа инициированных вызовов;
- доля разорванных соединений (Call Drop Rate, CDR) — отношение числа соединений, разорванных по инициативе сети до завершения пользователем, к общему числу установленных соединений;

- успешность хэндовера (Handover Success Rate, HOSR) — доля успешных передач активного соединения между сотами от общего числа попыток хэндовера (Хэндовер — это важнейшая процедура, позволяющая абонентам мобильных сетей быть действительно мобильными [12]).

Передающая станция способна оценивать приблизительное расстояние до пользовательского оборудования на основе времени распространения сигнала. В сетях GSM эта оценка осуществляется через параметр Timing Advance (TA), где одна единица TA соответствует приблизительно 550 метрам. В сетях LTE шаг оценки составляет около 15,6 метров. Максимальный радиус обслуживания зависит от технологии и конфигурации соты (макросота, микросота, пикосота).

Одним из основных радиоуровневых показателей качества обслуживания (QoS) является RSRP [13], [14]. Который измеряется пользовательским оборудованием и часто является для пользователя показателем «хорошей» связи. На основе данных о QoS и QoE принимаются решения по оптимизации использования сетевых ресурсов [15], [16]. Таким образом, главная задача сотового планирования и оптимизации — через управление техническими параметрами QoS достичь высокого уровня QoE для абонентов.

Источники данных о качестве обслуживания на уровне передающей станции

Передающая станция в сетях подвижной радиосвязи генерирует несколько типов информационных потоков, содержащих данные о состоянии радиоканала, нагрузке на ресурсы и успешности предоставления услуг. Эти данные формируются в процессе штатной эксплуатации и доступны через стандартизованные интерфейсы управления.

Основным источником метрик качества обслуживания являются **данные** управления производительностью (Performance Management, PM). PM-данные представляют собой агрегированные показатели, рассчитываемые за фиксированные интервалы времени (как правило, 15 минут или 1 час). К ним относятся такие параметры, как доля разорванных соединений (CDR), успешность установления вызова (CSSR), средний уровень принимаемого сигнала (RSRP), загрузка физических ресурсов и пропускная способность канала. Формат и структура PM-данных определены в технических спецификациях 3GPP TS 32.421–32.425.

Дополнительную информацию о состоянии радиосреды предоставляют отчёты измерений (Measurement Reports, MR), формируемые пользовательским оборудованием и передаваемые передающей станции. MR содержат сведения об уровне сигнала соседних сот, отношении сигнал/помеха плюс шум (SINR), качестве опорного сигнала (RSRQ), а также параметре времени распространения сигнала (Timing Advance, TA). Эти отчёты могут передаваться как периодически, так и по событию (например, при переходе уровня сигнала за пороговое значение).

Тревожные и событийные логи (Alarm- и Event-логи) — это записи, фиксирующие отклонения от штатного режима работы передающей станции. К ним относятся сообщения о превышении температуры, отказе компонентов, потере синхронизации, сбоях в подсистемах питания и радиочастотного тракта. Каждая запись сопровождается меткой времени, идентификатором объекта и уровнем критичности — critical, major или minor. Хотя эти данные не отражают качество обслуживания с точки зрения пользователя напрямую, они служат индикаторами потенциальной деградации QoS, зачастую предшествующей её фактическому проявлению.

Помимо динамических метрик, передающая станция хранит и предоставляет конфигурационные данные (Configuration Management, CM), определяющие текущие параметры её работы. В их числе — уровень мощности передачи, идентификатор физического уровня соты (PCI), электрический и механический tilt антенн, список соседних сот, а также настройки допусков хэндовера. Эти данные не отражают текущее качество, но необходимы для анализа причин его деградации.

Передача перечисленных данных осуществляется через стандартизованные интерфейсы, включая FTP/SFTP для файловых отчётов, а также протоколы NetConf, SNMP или CORBA для интеграции с системами управления сетью (OSS/NMS). Все источники функционируют автономно и не требуют взаимодействия с пользовательским оборудованием на этапе сбора.

Таким образом, передающая станция генерирует совокупность информационных потоков — включая метрики производительности, отчёты измерений, тревожные логи и конфигурационные данные. Данная информация достаточна для диагностики качества состояния радиоканала.

Существующие подходы к повышению качества обслуживания в мобильных сетях

Повышение качества обслуживания в сетях подвижной радиосвязи реализуется через совокупность методов, отличающихся степенью автоматизации, охватом функций и зависимостью от вмешательства оператора.

На начальном этапе развития мобильных сетей преобладала ручная оптимизация радиосети. Инженеры выполняли настройку параметров передающих станций на основе результатов приводных и пеших замеров (drive/walk testing), а также анализа агрегированных отчётов о качестве. К числу корректируемых параметров относились уровень мощности передачи, электрический и механический наклон антенн (tilt), список соседних сот и пороги инициации хэндовера. Данный подход характеризуется высокой точностью при локальной настройке, но не обеспечивает оперативной реакции на динамические изменения в радиосреде, такие как суточные колебания нагрузки или временные скопления абонентов.

С развитием сетей третьего и четвёртого поколений широкое распространение получили системы автоматической оптимизации, объединённые под концепцией Self-Organizing Networks (SON). Сегодня SON рассматривается как технология-драйвер для развития сетей 4G и 5G [17]. В соответствии со спецификациями **3GPP TS 32.500–32.599**, SON включает три основные функции [18-20]:

- автоматическую конфигурацию новых элементов сети (Self-Configuration);
- автоматическую оптимизацию параметров радиодоступа (Self-Optimization);
- автоматическое обнаружение и компенсацию отказов (Self-Healing).

Примеры реализации: балансировка нагрузки между сотами на основе измерений от пользовательского оборудования, автоматическая коррекция параметров хэндовера при высоком уровне разрывов, реконфигурация соседства при обнаружении новых станций.

Однако внедрение SON остается зависимым от производителя оборудования: решения Ericsson, Huawei, Nokia и других вендоров зачастую несовместимы и не образуют единой сквозной системы управления.

В последние годы наблюдается рост интереса к **применению методов анализа данных и машинного обучения** для повышения качества обслуживания. Такие подходы предполагают использование исторических РМ- и MR-данных для построения моделей прогнозирования нагрузки, выявления аномалий качества и рекомендаций по коррекции конфигурации. При этом эффективность подобных методов напрямую зависит от объёма и качества обучающих данных, а также от наличия вычислительной инфраструктуры, способной выполнять обработку в приемлемые сроки. На практике подобные системы чаще реализуются в рамках пилотных проектов и не получили массового распространения в коммерческих сетях.

Общим ограничением перечисленных подходов является **фрагментированность управляемых данных**. РМ-отчёты формируются с задержкой (минимум 15 минут), MR обрабатываются только в контексте активного соединения, а тревоги не всегда коррелируют с деградацией QoS. Кроме того, большинство существующих решений ориентированы на глобальную оптимизацию сети и недостаточно чувствительны к локальным условиям, таким как плотная городская застройка, туннели или крупные мероприятия.

Возможности повышения качества обслуживания: системный анализ

Повышение качества обслуживания в мобильных сетях может быть достигнуто за счёт более рационального использования информационных потоков, генерируемых передающими станциями.

Анализ существующих подходов и доступных источников данных позволяет выделить несколько направлений, потенциально способных повысить качество обслуживания в мобильных сетях за счёт более полного и оперативного использования информации, генерируемой передающими станциями.

Одним из таких направлений является ускоренная обработка данных производительности. Современные РМ-отчёты формируются с минимальным интервалом 15 минут, что недостаточно для реакции на кратковременные всплески нагрузки или локальные деградации качества. Сокращение интервала агрегации или введение потоковой обработки MR и событий в реальном времени могло бы обеспечить более своевременное выявление аномалий.

Другое направление связано с интеграцией разнородных информационных потоков. В настоящий момент РМ-данные, MR, тревоги и конфигурационные параметры часто обрабатываются изолированно. Создание единой модели, объединяющей показатели качества, состояние оборудования и текущую конфигурацию, позволило бы установить причинно-следственные связи между техническим состоянием станции и наблюдаемой деградацией QoS.

Третье направление — локальная адаптивная оптимизация. В отличие от глобальных SON-подходов, ориентированных на средние показатели по сети, локальная система могла бы учитывать специфику конкретной соты: её геометрию, плотность абонентов, доминирующие сценарии использования. Такая система, использующая данные о приблизительном расстоянии до пользовательского оборудования (TA), уровнях сигнала и нагрузке, способна генерировать управляющие воздействия, ориентированные на условия микрорайона.

Наконец, перспективным представляется прогнозирующий подход, основанный на анализе трендов изменения KPI. При наличии достаточной истории наблюдений становится возможным предсказывать наступление критических состояний — таких как перегрузка ресурсов или рост числа разрывов — и инициировать превентивные корректировки до фактической деградации качества.

Все перечисленные возможности не требуют изменения аппаратной части передающих станций и опираются исключительно на данные, уже генерируемые в процессе их эксплуатации. Их реализация предполагает разработку специализированного программного обеспечения, способного осуществлять сбор, корреляцию и анализ информационных потоков с последующей генерацией рекомендаций или управляющих команд. При этом эффективность таких решений будет определяться полнотой охвата данных, точностью моделей и допустимой задержкой реакции.

Заключение

В работе предложен аналитический взгляд на проблему повышения качества обслуживания в сетях подвижной радиосвязи, основанный не на увеличении плотности сети или перераспределении их географического положения, а на более эффективном использовании ресурсов уже существующих передающих станций.

В ходе анализа установлено, что качество обслуживания в мобильных телефонных сетях определяется объективными показателями, измеряемыми на уровне передающих станций, и коррелирует с субъективным восприятием пользователей. Данные о качестве формируются непрерывно и доступны через стандартизованные источники — PM-отчёты, Measurement Reports, тревожные логи и конфигурационные параметры.

Существующие подходы к повышению качества, включая ручную оптимизацию и функции Self-Organizing Networks, обладают ограничениями, связанными с запаздыванием данных, фрагментацией решений и недостаточной адаптацией к локальным условиям.

Вместе с тем, системный анализ выявляет потенциал для повышения качества за счёт более оперативной обработки, интеграции разнородных информационных потоков и локальной адаптивной коррекции параметров передающих станций.

Список литературы

1. Анализ и прогнозирование трафика современных телекоммуникационных систем на основе методов искусственного интеллекта/ Кутузов Д. В., Осовский А. В., Старов Д. В., Мальцева Н. С., Перова К. В. // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2024. №1.
2. Туляков, Ю. М. Параметрическая взаимосвязь надежности подвижной радиосвязи с устойчивостью сети связи / Ю. М. Туляков, А. В. Пронин // Проектирование и технология электронных средств. 2020. № 4. С. 3-10. EDN GXVQRQ.
3. Батенков, К. А. Обобщенный взгляд на качество обслуживания в телекоммуникациях / К. А. Батенков // Информационные системы и технологии ист-2021 : сборник материалов XXVII Международной научно-технической конференции Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, 23–24 апреля 2021 года / Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2021. С. 29-33. EDN LEPULR.
4. Боровиков, А. И. Роль информационных потоков в машиностроении / А. И. Боровиков, О. А. Криводубский // Машиностроение и техносфера XXI века : Сборник трудов XXXI Международной научно-технической конференции, Севастополь, 16–22 сентября 2024 года. Донецк: ДонНТУ, 2024. С. 21-27. EDN NBCXOY.

5. Zhang X. et al. "Assessing the quality of experience in wireless networks using deep learning" // *Electronics*, 2024.
6. Минеева, М. И. Анализ качества мобильной связи и оценка вариантов улучшения предоставляемых услуг на примере отдельного участка сети в городе Омск / М. И. Минеева, Д. А. Корнеев // *Нанотехнологии. Информация. Радиотехника (НИР-22): Материалы Региональной молодежной научно-практической конференции, Омск, 21 апреля 2022 года* / Редколлегия: В.А. Егорова, О.М. Сухарева. Омск: Омский государственный технический университет, 2022. С. 18-24. EDN ZTDRQD.
7. Lovell D. J. Accuracy of speed measurements from cell phone vehicle location systems // *ITS Journal*. 2001 Vol. 6, no. 4. P. 303 -325.
8. Кузнецов С. С. Обеспечение непрерывности передачи сигнала по закрытым телекоммуникационным сетям при проведении прямых эфиров // *Инновации и инвестиции*. 2022. №4.
9. Гольдштейн А. Б. Эволюция моделей управления сетями NGN/IMS и пост-NGN // *T-Comm: Телекоммуникации и транспорт*. 2017. Т. 11. № 6. С. 46-50
10. Rec. E.800. Definitions of terms related to quality of service. – 2008–09. Geneva: ITU-T, 2009. 30 p.
11. Костюковский, А. Г. Показатели качества обслуживания в сетях следующего поколения / А. Г. Костюковский, О. Р. Ходасевич // *Проблемы инфокоммуникаций*. 2015. № 2(2). С. 5-10. EDN USRPAO.
12. Дроздова В.Г., and Завьялова Д.В.. "Анализ и оптимизация ключевых показателей эффективности хэндоверов в мобильных сетях LTE" *Вестник кибернетики*, no. 4 (28), 2017, pp. 146-153.
13. Pandit S., Singh G. Maximization of throughput with reduction of data loss rate in cognitive radio network // *Telecommunication Systems*. 2014. Vol. 57, № 2. P. 209–215.
14. Найденев, К. Е. QOS в сетях мобильной связи LTE / К. Е. Найденев, А. Н. Шевцов // *Научно-техническому и социально-экономическому развитию Дальнего Востока России - инновации молодых : Тезисы докладов 80-й Межвузовской студенческой научно-практической конференции. В 2-х томах, Хабаровск, 21–25 марта 2022 года* / Под редакцией А.З. Ткаченко. Том 1. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 99. – EDN FACPQS.
15. Алексеева Н. Н. Технологические аспекты новых сценариев представлений услуг в перспективных сетях/ Алексеева Н. Н., Елагин В.С // *Научные технологии в космических исследованиях Земли*. 2024. №4.
16. Kougioumtzidis G., Poulkov V., Zaharis Z.D., Lazaridis P.I. Intelligent and QoE-aware Open Radio Access Networks // *2022 3rd URSI Atlantic and Asia Pacific Radio Science Meeting (AT-AP-RASC), Gran Canaria, Spain, 2022*. P. 1–4. DOI: 10.23919/AT-AP-RASC54737.2022.9814435.
17. Тихвинский, В. Автоматическое управление сетями 4G/5G с использованием технологий и алгоритмов SON / В. Тихвинский, А. Байкенов, А. Солошенко // *Первая миля*. 2019. № 3(80). С. 80-91. DOI 10.22184/2070-8963.2019.80.3.80.91. – EDN ZONTGD.
18. TS 32.500: Telecommunication management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements.
19. TR 28.861: Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Study on the Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks (Release 16).
20. Хомяк, А. Д. Анализ качества услуг мобильной связи / А. Д. Хомяк // *Проблемы сертификации, управления качеством и документационного обеспечения управления : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 15 марта 2022 года* / Под общей редакцией Ю.А. Анищенко. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. С. 138-142. EDN PYJLSQ.

References

1. Analysis and Traffic Forecasting of Modern Telecommunication Systems Based on Artificial Intelligence Methods / Kutuzov D. V., Osovsky A. V., Starov D. V., Maltseva N. S., Perova K. V. // *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2024. No. 1.
2. Tulyakov, Yu. M. Parametric Interrelation Between Reliability of Mobile Radio Communication and Network Stability / Yu. M. Tulyakov, A. V. Pronin // *Design and Technology of Electronic Means*. 2020. No. 4. P. 3–10. EDN GXVQRQ.

3. Batenkov, K. A. A Generalized View on Quality of Service in Telecommunications / K. A. Batenkov // Information Systems and Technologies IST-2021: Proceedings of the XXVII International Scientific and Technical Conference, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, April 23–24, 2021 / Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, 2021. – P. 29–33. – EDN LEPULR.
4. Borovikov, A. I. The Role of Information Flows in Mechanical Engineering / A. I. Borovikov, O. A. Krivodubskiy // Machine Engineering and Technosphere of the XXI Century: Proceedings of the XXXI International Scientific and Technical Conference, Sevastopol, September 16–22, 2024. – Donetsk: Donetsk National Technical University, 2024. – P. 21–27. – EDN NBCXOY.
5. Zhang X. et al. "Assessing the quality of experience in wireless networks using deep learning" // Electronics, 2024.
6. Mineeva, M. I. Analysis of Mobile Communication Quality and Assessment of Options for Improving Service Provision on a Sample Network Segment in Omsk / M. I. Mineeva, D. A. Korneev // Nanotechnologies. Information. Radio Engineering (NIR-22): Materials of the Regional Youth Scientific and Practical Conference, Omsk, April 21, 2022 / Ed. by V. A. Egorova, O. M. Sukhareva. – Omsk: Omsk State Technical University, 2022. – P. 18–24. – EDN ZTDRQD.
7. Lovell, D. J. Accuracy of Speed Measurements from Cell Phone Vehicle Location Systems // ITS Journal. – 2001. – Vol. 6, No. 4. – P. 303–325.
8. Kuznetsov S. S. Ensuring Continuity of Signal Transmission over Closed Telecommunication Networks during Live Broadcasts // Innovations and Investments. — 2022. — No. 4.
9. Goldstein A. B. Evolution of NGN/IMS and Post-NGN Network Management Models // T-Comm: Telecommunications and Transport. — 2017. — Vol. 11. — No. 6. — Pp. 46-50.
10. Rec. E.800. Definitions of Terms Related to Quality of Service. – Geneva: ITU-T, 2009. – 30 p.
11. Kostyukovskiy, A. G. Quality of Service Indicators in Next-Generation Networks / A. G. Kostyukovskiy, O. R. Khodasevich // Problems of Infocommunications. – 2015. – No. 2(2). – P. 5–10. – EDN USRPAO.
12. Drozdova V.G., and Zavyalova D.V. "Analysis and Optimization of Key Performance Indicators of Handovers in LTE Mobile Networks." Bulletin of Cybernetics, no. 4 (28), 2017, pp. 146–153.
13. Pandit, S., Singh, G. Maximization of Throughput with Reduction of Data Loss Rate in Cognitive Radio Network // Telecommunication Systems. – 2014. – Vol. 57, No. 2. – P. 209–215.
14. Naydenov, K. E. QoS in LTE Mobile Communication Networks / K. E. Naydenov, A. N. Shevtsov // Innovations of Youth for Scientific, Technical and Socio-Economic Development of the Russian Far East: Abstracts of the 80th Interuniversity Student Scientific and Practical Conference. In 2 vols. Vol. 1, Khabarovsk, March 21–25, 2022 / Ed. by A. Z. Tkachenko. – Khabarovsk: Far Eastern State University of Railway Transport, 2022. – P. 99. – EDN FACPQS.
15. Alekseeva N. N. Technological Aspects of New Service Delivery Scenarios in Advanced Networks / Alekseeva N. N., Elagin V. S. // H&ES Research. — 2024. — No. 4.
16. Kougioumtzidis G., Poulkov V., Zaharis Z.D., Lazaridis P.I. Intelligent and QoE-aware Open Radio Access Networks // 2022 3rd URSI Atlantic and Asia Pacific Radio Science Meeting (AT-AP-RASC), Gran Canaria, Spain, 2022. — P. 1–4. — DOI: 10.23919/AT-AP-RASC54737.2022.9814435.
17. Tikhvinskiy V., Baikeno A., Soloshenko A. "Automatic Management of 4G/5G Networks Using SON Technologies and Algorithms." Pervaya Milya [The First Mile], no. 3 (80), 2019, pp. 80–91. DOI: 10.22184/2070-8963.2019.80.3.80.91. EDN: ZONTGD.
18. TS 32.500: Telecommunication Management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and Requirements.
19. TR 28.861: Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Study on the Self-Organizing Networks (SON) for 5G Networks (Release 16).
20. Khomyak, A. D. Analysis of Mobile Communication Service Quality / A. D. Khomyak // Problems of Certification, Quality Management and Documentary Support of Management: Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, March 15, 2022 / Gen. ed. Yu. A. Anishchenko. – Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technologies named after Academician M. F. Reshetnev, 2022. – P. 138–142. – EDN PYJLSQ.

RESUME

M. I. Trushkin, O. A. Krivodubsky

Analysis of opportunities to improve the quality of customer service in the telephone network

Ensuring stable quality of service in mobile radio networks remains a relevant challenge under conditions of a dynamic radio environment, uneven traffic distribution, and growing user expectations.

The paper analyzes opportunities for improving service quality based on existing information flows generated at the base station level. Standardized QoS indicators and data sources—including Performance Management (PM) reports, Measurement Reports (MR) from user equipment, alarm logs, and configuration parameters—are examined, along with limitations of current approaches such as Self-Organizing Network (SON) functions.

It is demonstrated that quality enhancement can be achieved not only through infrastructure expansion but also by means of more timely, integrated, and locally adaptive processing of available information—without requiring hardware modifications.

The findings provide a foundation for developing specialized software for an automated system to manage the quality of base station operations.

РЕЗЮМЕ

М. И. Трушкин, О. А. Криводубский

Анализ возможностей повышения качества обслуживания клиентов телефонной сети

Обеспечение стабильного качества обслуживания в сетях подвижной радиосвязи остаётся актуальной задачей в условиях динамичной радиосреды, неравномерного распределения нагрузки и растущих требований пользователей.

В работе проводится анализ возможностей повышения качества обслуживания на основе уже существующих информационных потоков, генерируемых на уровне передающей станции. Рассмотрены стандартизованные показатели QoS, источники данных — включая отчёты производительности (PM), измерения от пользовательского оборудования (MR), тревожные логи и конфигурационные параметры, — а также ограничения современных подходов, таких как функции Self-Organizing Networks.

Показано, что повышение качества возможно не только за счёт расширения инфраструктуры, но и может быть достигнуто за счёт более оперативной, интегрированной и локально адаптивной обработки доступной информации без модификации аппаратной части.

Полученные результаты формируют основу для разработки специализированного программного обеспечения автоматической системы управления качеством работы передающих станций.

Трушкин Максим Игоревич — аспирант кафедры программной инженерии им. Л.П. Фельдмана ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, тел. +7 (949) 535-2053, kamitrushkin@gmail.com *Область научных интересов:* автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, интеллектуальные методы управления, машинное обучение, методы и системы искусственного интеллекта.

Криводубский Олег Александрович – доктор технических наук, профессор., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк. *Область научных интересов:* автоматизированные системы управления, эл. почта oleg.krivodybski.dn@gmail.ru, адрес: г. Донецк, ул. Артема, д. 118 б, телефон: +7949 54 83 89.

Trushkin Maxim Igorevich — Postgraduate Student at the L.P. Feldman Department of Software Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University", Donetsk. Tel.: +7 (949) 535-2053, email: kamitrushkin@gmail.com. Research interests: automation and control of technological processes and productions, intelligent control methods, machine learning, methods and systems of artificial intelligence.

Krivodubsky Oleg Alexandrovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Technical University", Donetsk. Research interests: automated control systems. Email: oleg.krivodybski.dn@gmail.ru. Address: 118b Artyoma Street, Donetsk. Tel.: +7 (949) 548-389.

Статья поступила в редакцию 18.02.2026