

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА в сетях 5G

В.О.Тихвинский, д.э.н., академик РАН, проф. МВТУ им. Н.Э.Баумана и Севастопольского государственного университета, главный научный сотрудник ФБГУ НИИР / vtiiir@mail.ru,

С.В.Терентьев, к.т.н., руководитель отдела системной архитектуры ООО "Спектр" / s.ter@mail.ru,

Е.Е.Девяткин, к.э.н., директор Центра исследований перспективных беспроводных технологий связи ФБГУ НИИР / deugene@list.ru

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.111.3.52.60

Рассмотрены особенности использования искусственного интеллекта для сценариев и решений на основе технологий машинного обучения в различных участках сети связи пятого поколения (5G). Применение искусственного интеллекта в ближайшие годы расширит сетевые возможности, пропускную способность и качество предоставления услуг 5G.

ВВЕДЕНИЕ

Технологии искусственного интеллекта (AI) на основе методов машинного обучения (AI/ML) [1], а также соответствующие приложения стали важнейшим инновационным драйвером – одним из столпов четвертой промышленной революции, которые все чаще используются в различных отраслях экономики и доказали свою эффективность в телекоммуникациях.

Партнерским проектом 3GPP ведется активная стандартизация решений на основе технологий AI/ML как в сети радиодоступа NG-RAN 5G, так и в опорной сети 5G Core. В рабочих группах технической группы спецификаций RAN 3GPP (Сети радиодоступа) определены следующие направления (сценарии) использования AI/ML [2] в сети 5G:

- энергосбережение (Network Energy Saving);
- балансирование нагрузкой (Load Balancing);
- оптимизация мобильности (Mobility Optimization).

Рабочие группы технической группы спецификаций SA 3GPP (Услуги и сетевые аспекты) исследуют вопросы использования технологий AI/ML для различных функций сети 5G Core, включая управление и оркестрирование виртуальных функций сети [3–4].

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 3GPP ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В Релизах 15–18 3GPP определены важнейшие термины и определения AI/ML, позволяющие разработчикам оборудования 5G однозначно понимать

Таблица 1. Сравнение методов обучения, рассматриваемых в технических спецификациях 3GPP

Характеристики обучения	Обучение с учителем (контролируемое обучение)	Полуконтролируемое обучение с учителем	Обучение без учителя (неконтролируемое обучение)	Обучение с подкреплением
Категория вывода данных после обучения	Регрессия (числовая), классификация	Регрессия (числовая), классификация	Ассоциация, кластеризация	Поведение, основанное на вознаграждении
Тип обучающих данных	Помеченные данные ¹	Помеченные данные ¹ и неразмеченные данные	Немаркированные данные	Не предопределено

¹ Помеченные (маркированные) данные означают, что входные и выходные параметры явно помечены для каждого примера обучающих данных.

и использовать множество терминов, разнообразно трактовавших их применение для рассматриваемых технологий [2–4].

Методы обучения, рассматриваемые в технических спецификациях 3GPP, включают обучение с учителем (контролируемое обучение), полуконтролируемое обучение с учителем, обучение без учителя (неконтролируемое обучение) и обучение с подкреплением (RL – Reinforcement Learning). Каждый метод обучения подходит для одной или нескольких конкретных категорий логического вывода данных (например, предсказания) и требует определенного типа обучающих данных. Краткое сравнение этих методов обучения представлено в табл.1 [4].

Реализация методов машинного обучения в технических спецификациях 3GPP осуществляется на основе моделей обучения ML и соответствующих объектов (модулей) сети, определенных следующими терминами [3–4]:

- объект ML: объект, который либо является моделью ML, либо содержит модель ML и метаданные, связанные с моделью ML, и им можно управлять как одним составным объектом. Метаданные могут включать, например, применимый контекст времени выполнения для модели ML;
- объект принятия решений AI: объект, который применяет логику, не основанную на ML, для принятия решений, которыми можно управлять как одним составным объектом;
- модель ML: математический алгоритм, который может быть "обучен" двумя типами данных – данными о событиях, полученных от сетевых модулей в процессе сети 5G, и данными, получаемыми от эксперта-человека на основе результатов

моделирования и принятия решений, которое выполняет эксперт, получив ту же сетевую информацию о тех же событиях;

- обучение модели ML: возможности функции обучения машинного обучения для получения данных, их обработки в модели машинного обучения, получения соответствующих потерь и корректировки параметризации этой модели машинного обучения на основе вычисленных потерь;
- обучение машинному обучению: возможности и связанные сквозные процессы, позволяющие функции обучения ML выполнять обучение модели ML (как определено выше). Возможности обучения ML могут включать взаимодействие с другими сторонами для сбора и форматирования данных, необходимых для обучения модели ML;
- функция обучения ML: функция с возможностями обучения ML, которую также называют функцией MLT;
- функция вывода данных AI/ML: функция, которая использует модель ML и/или объект принятия решений AI для проведения вывода полученных данных.

Стандартизация использования технологий AI/ML

Стандартизация технологий AI/ML стартовала в Партнерском проекте 3GPP на этапе начала разработки Релиза 15. В настоящее время в работы по стандартизации технологий искусственного интеллекта AI/ML вовлечены рабочие группы RAN (RAN1, RAN3) и SA (SA1, SA2, SA4, SA5) [2] со своими направлениями работы:

- группа RAN1 "Радиоуровень 1 (Физический уровень)": исследования AI/ML для радиointерфейса NR;

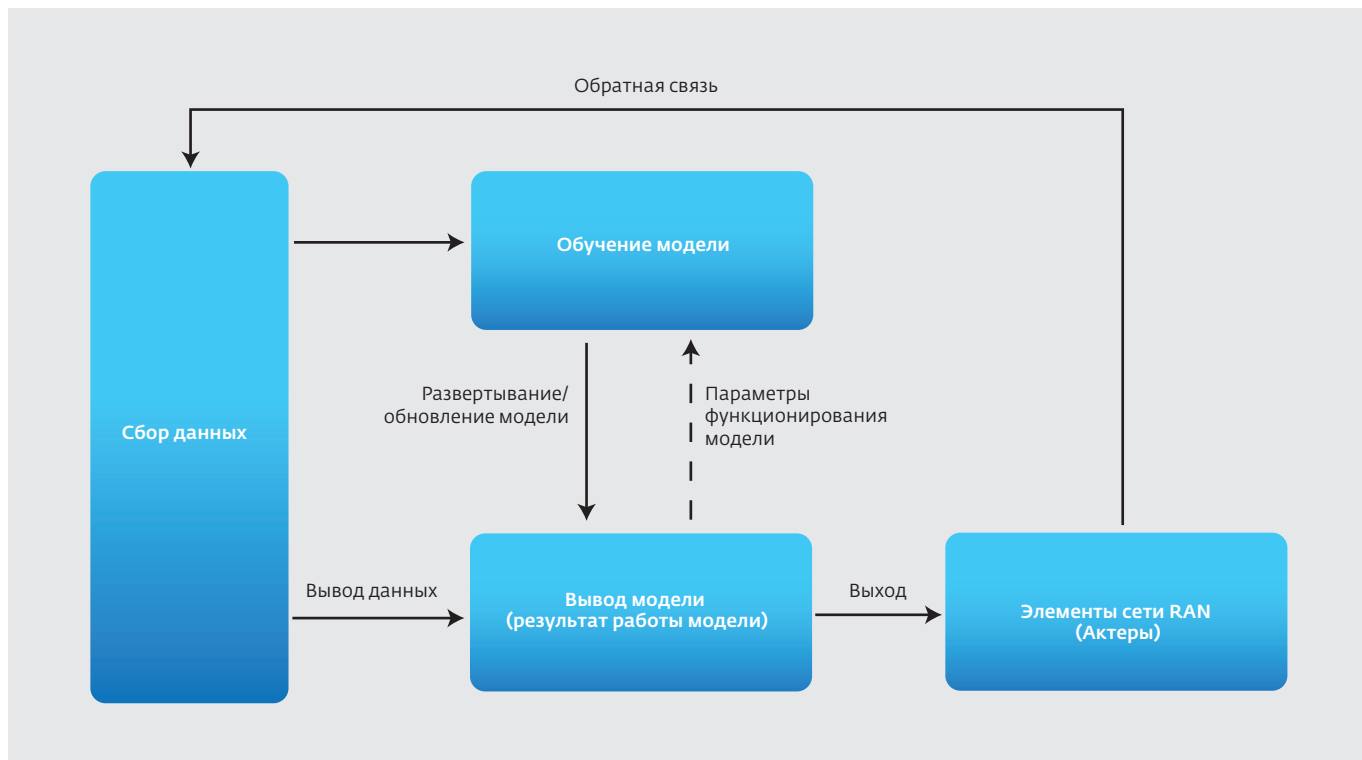


Рис.1. Функциональная структура интеллектуальной сети RAN (3GPP TR 37.817 [5])

- группа RAN3 "UTRAN/E-UTRAN/NG-RAN архитектура и соответствующие сетевые интерфейсы": исследования AI/ML для сети радиодоступа NG-RAN;
 - группа SA2 "Системная архитектура и сервисы": системная поддержка для AI/ML-услуг;
 - группа SA4 "Мультимедиа кодеки, системы и сервисы": исследование AI/ML для мультимедиа;
 - группа SA5 "Управление, оркестрирование и тарификация": исследование и автоматизация: самоконфигурация сетевых элементов NE сети NG-RAN, управление AI/ML, расширение аспектов управления модуля NWDAF.
- В Релизе 17 на основе исследований группы RAN3 были стандартизованы высокоуровневые принципы использования технологии AI/ML в сети радиодоступа RAN и возможности дальнейшего расширения объема собираемых сетевых данных для обучения. Результаты данного исследования содержатся в техническом отчете TR 37.817 [5].
- Сформулированные рабочей группой RAN3 принципы использования AI/ML в сети радиодоступа NG-RAN включают:
- конкретные алгоритмы и модели AI/ML для разрабатываемых сценариев, которые не входят в зону исследований рабочей группы RAN3;
 - рассмотрение функциональности AI/ML по отношению к соответствующим типам входных/выходных данных;
 - размещение входных/выходных данных функций обучения модели AI/ML и вывода данных модели применительно к сценарию использования;
 - фокусирование на сборе и анализе данных, для случая, когда функция обучения модели использует эти данные и не входит в зону исследований рабочей группы RAN3;
 - фокусирование на анализе данных, необходимых для функции вывода данных модели AI/ML;
 - возможность запрашивать, при необходимости, конкретную информацию, которая будет использоваться для обучения или выполнения алгоритма AI/ML и избегать повторного приема ненужной информации (характер такой информации зависит от сценария использования и алгоритма AI/ML);

- возможность сигнализировать о выдаче выходных данных модели только тем шлюзам, которые явно их запросили (например, через подписку), или шлюзам, которые выполняют последующие действия на основе выходных данных модели;
- требования к модели AI/ML, используемой в функции вывода данных модели, которая должна быть первоначально обучена, проверена и протестирована функцией обучения модели перед развертыванием;
- требования к автономному режиму NG-RAN SA, который имеет наибольший приоритет для исследований, а режимы MR-DC имеют меньшие приоритеты, однако не исключаются в Релизе 18 3GPP;
- требования к алгоритмам и модели AI/ML по конфиденциальности и анонимности пользовательских данных.

Функциональная структура интеллектуальной сети RAN, реализующая технологии AI/ML, показана на рис.1. Она включает следующие элементы:

- "сбор данных": получение данных из сетевых узлов, объекта управления или абонентского терминала (UE) в целях обучения модели AI/ML, анализа данных и вывода модели;
- "модель AI/ML": алгоритм, управляемый данными путем применения методов машинного обучения; алгоритм генерирует набор выходных данных, состоящий из предсказанной информации и/или параметров принятия решения на основе набора входных данных;
- "обучение модели AI/ML": онлайн- или офлайн-процесс обучения модели AI/ML путем изучения функций и шаблонов, формирование обученной модели AI/ML;


- "вывод модели AI/ML": процесс использования обученной модели AI/ML для прогнозирования или руководства.

Исследования рабочей группы RAN1 по использованию AI/ML для радиointерфейса NR нацелены на улучшение его производительности, для чего определены три целевые области применения AI/ML:

- получение информации о состоянии радиоканала CSI (Channel State Information) с использованием методов прогнозирования и экономии частотных ресурсов для получения оценки;
- управление пространственным лучом BM (Beam Management) с использованием методов прогнозирования в пространстве и времени;
- позиционирование (Positioning): определение местоположения алгоритмами AI/ML (например, по "отпечаткам" радиополя), использованием алгоритмов AI/ML в качестве дополнительной информации или дополнительного измерения при определении местоположения.

Исследуемые вопросы физического уровня радиointерфейса NG-RAN, помимо технологии NR, включают вопросы управления жизненным циклом модели AI/ML (LCM), построения набора данных для обучения, проверки и тестирования для каждого варианта использования, новую сигнализацию, необходимую для разрешения конкретных сценариев использования, средства для обучения и проверки, вспомогательную информацию, измерения и соответствующую обратную связь.


Релиз 18 3GPP определил соответствующие обозначения и номенклатуру технологий AI/ML, которые будут необходимы для описания моделей AI/ML и их жизненного цикла в сочетании с различными уровнями взаимодействия между сетью



ИНФОТЕЛ
Интеллект. Опыт. Результат.

ONEPLAN

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И УСЛУГИ
ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ
СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ
И ФИКСИРОВАННОЙ СВЯЗИ**



step@rpls.ru
+7 812 590-77-11
www.rpls.ru

и абонентским оборудованием, включая описания обучения, вывода, тестирования и верификации моделей.

Работы рабочих групп SA2 и SA5 по подготовке ряда технических отчетов и спецификаций позволяют расширить возможности применения технологии AI/ML в опорной сети на основе модуля анализа сетевых данных NWDAF. Так, в отчете 3GPP TR 23.700 "Исследование активаторов для автоматизации системы 5G (5GS)" [6] были определены ключевые проблемы автоматизации 5G, с которыми приходится сталкиваться, и потенциальные решения, доступные на основе услуг AI/ML в сети 5G. Исследования Релиза 18 (этап 2), приведенные в отчете TR 23.700, обеспечат распространение, передачу, обучение моделей AI/ML для различных приложений, включая распознавание видео и речи, управление роботами и автомобилестроение.

Целью исследования TR 23.700 являлось предоставление поставщикам услуг AI/ML возможности использовать систему 5G в качестве платформы интеллектуальной передачи для облегчения передачи данных во время операций AI/ML на прикладном уровне. В отчете рассмотрены следующие возможные расширения функций опорной сети 5G Core:

- мониторинг использования сетевых ресурсов 5G, относящихся к UE;
- распространение данных 5G Core о состоянии UE/сети и прогнозировании производительности (например, местоположение, QoS, нагрузка, перегрузка и т. д.) на приложении;
- усовершенствование предоставления внешних параметров для 5G Core (например, ожидаемое позиционирование UE, ожидаемая мобильность UE и т. д.) для поддержки работы приложений AI/ML;
- возможные усовершенствования QoS и политик для поддержки рабочего трафика приложений AI/ML при одновременной поддержке обычного трафика (не трафика приложений AI/ML) пользователя сети 5G;
- поддержка опорной сети 5G приложений AF и UE в координации и управлении операцией федеративного обучения (FL) (то есть выбор участников FL, мониторинг производительности группы, адекватное распределение сетевых ресурсов и гарантия) между клиентами приложений, работающими на UE, и серверами приложений.

Кроме Партнерского проекта 3GPP работа по стандартизации технологий AI/ML была

организована в фокус-группе сектора стандартизации МСЭ-Т по машинному обучению для исследования сетей, включая 5G (FG ML5G), которая была создана 13-й Исследовательской комиссией (ИК) МСЭ-Т в ноябре 2017 года. Фокус-группа FG ML5G разработала 10 рекомендаций и технических спецификаций для машинного обучения на будущее сети связи, включая интерфейсы, сетевые архитектуры, протоколы, алгоритмы и форматы данных [7–16]:

- архитектурная основа для машинного обучения в ожидаемых сетях, включая IMT-2020;
- машинное обучение в ожидаемых комбинациях, включая IMT-2020: варианты использования (Дополнение 55);
- основы для оценки уровней интеллекта сложных сетей, включая IMT-2020 (февраль 2020 года);
- структура обработки данных для обеспечения МСЭ-Т возможности машинного обучения в ожидании возможностей, включая IMT-2020;
- интеграция рынка машинного обучения в будущие сети, включая IMT-2020;
- требования, архитектура и дизайн для оркестратора функций машинного обучения;
- платформа обслуживания моделей машинного обучения в ожидаемых сетях, включая IMT-2020;
- среда тестирования машинного обучения для ожидаемых сетей, включая IMT-2020: требования и структура архитектуры;
- сквозное управление сетевыми сегментами и оркестрирование на основе машинного обучения;
- вертикальное разделение сетей на основе когнитивной структуры.

Данная группа проработала с января 2018 года по июль 2020 года и передала дальнейшие исследования в ИК сектора радиосвязи МСЭ-R и сектора стандартизации МСЭ-Т.

Исследовательские комиссии сектора радиосвязи МСЭ-R продолжают исследовать использование AI в сетях радиосвязи, и результаты этих работ будут отражены в разрабатываемых отчетах. Так ИК1 МСЭ-R, которая занимается всеми аспектами управления использованием спектра, включая контроль за использованием спектра в рамках Вопроса 241/1 "Методы оценки или прогнозирования доступности спектра", исследует вопросы использования AI для управления спектром. 6-я ИК МСЭ-R, занимающаяся

радиовещательными службами, изучает вопросы, касающиеся применения AI и ML в радиовещании.

СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ AI/ML В БАЗОВЫХ СТАНЦИЯХ 5G-ADVANCED/6G

Энергосбережение

Организация радиопокрытия сетями 5G-Advanced/6G и использование сверхвысоких частот предполагают строительство миллионов базовых станций. Таким образом, вопрос эффективного использования энергии является очень актуальным.

Простым примером энергосбережения является активация/деактивация соты 5G в зависимости от нагрузки. Этот пример экономии энергии в пространственной области использует разгрузку трафика для снижения энергопотребления всей сети радиодоступа NG-RAN. Когда ожидаемый объем трафика ниже заданного порога, соты могут быть выключены, а обслуживаемые абонентские терминалы 5G могут быть перенаправлены в другую целевую соту.

Другими примерами энергосбережения могут быть снижение и распределение нагрузки, оптимизация радиопокрытия или специальные настройки в конфигурации сети радиодоступа NG-RAN. Оптимальное решение по энергосбережению зависит от многих факторов: распределения нагрузки на различных узлах NG-RAN, функциональных возможностей узлов RAN, требований KPI/QoS, количества активных UE 5G и их мобильности, доли утилизации сот и т.д.

Следует отметить, что повышение энергоэффективности не является тривиальной задачей. Неправильное отключение сот может серьезно ухудшить производительность сети в целом, поскольку оставшиеся активными соты должны обслуживать дополнительный трафик. Неправильные действия по разгрузке трафика могут привести к ухудшению энергоэффективности вместо улучшения.

Для решения проблем энергосбережения можно использовать методы ML для оптимизации решений энергосбережения путем использования данных, собранных в сети RAN. Алгоритмы ML могут предсказывать энергоэффективность и состояние нагрузки в следующем периоде времени, что может быть использовано для принятия лучших решений по активации/деактивации сот для экономии энергии. Основываясь на прогнозируемой нагрузке, система может динамически конфигурировать стратегию энергосбережения (например, время отключения и гранулярность, действия по разгрузке),

чтобы поддерживать баланс между производительностью системы и ее энергоэффективностью.

Алгоритм энергосбережения, основанный на методе AI/ML, может формировать следующие выходные данные:

- стратегия энергосбережения (например, рекомендации по активации/деактивации соты);
- стратегия хэндовера, включая соты-кандидаты, рекомендуемые для передачи трафика;
- прогнозируемая энергоэффективность;
- прогнозируемый статус потребления энергии (активный/высокий/низкий/неактивный);
- время достоверности выходных данных.

Для оптимизации работы алгоритма энергосбережения, основанного на методе AI/ML, от объектов управления (базовых станций NG-RAN) организуется следующая обратная связь по:

- статусу использования ресурсов соседствующих базовых станций NG-RAN;
- показателям энергоэффективности;
- показателям производительности абонентского терминала UE, на которую влияют действия по энергосбережению, включая скорость передачи, потерю пакетов, задержку;
- показателям KPI базовых станций gNB (например, пропускная способность, задержка, RLF-события обслуживающей и соседних сот).

Балансирование нагрузкой

Быстрый рост трафика и множество диапазонов частот, используемых в сети, существенно усложняют управление трафиком в целях балансирования. Целью балансировки является равномерное распределение нагрузки между сотами и между областями сот путем передачи части трафика, либо распределение пользователей сот, несущей или RAT для улучшения производительности сети в целом. Это может быть достигнуто, например, посредством оптимизации параметров хэндовера. Автоматизация такой оптимизации может обеспечить высокое качество работы пользователей, одновременно улучшая пропускную способность системы, а также минимизируя вмешательство персонала в задачи управления сетью и оптимизации.

Алгоритм балансирования нагрузкой, основанный на использовании метода AI/ML, может формировать следующие выходные данные:

- выбор целевой соты для балансировки нагрузки;
- прогноз состояния собственных ресурсов;
- прогноз состояния ресурсов соседних базовых станций NG-RAN;
- предложения по UE, которые предлагается переключить в другие соты в целях балансирования нагрузки;
- время достоверности выходных данных.

Для оптимизации работы алгоритма балансирования нагрузки, основанного на методе AI/ML, от объектов управления (базовых станций NG-RAN) организуется следующая обратная связь по:

- показателям производительности абонентских терминалов от целевой базовой станции NG-RAN;
- статусу использования ресурсов от целевой базовой станции NG-RAN;
- показателям KPI базовых станций gNB (например, пропускная способность, задержка, RLF-события обслуживающей и соседних сот).

Оптимизация мобильности

Ее проведение обеспечивает непрерывность беспроводных услуг во время перемещения абонентских терминалов внутри зоны покрытия сети 5G и тем самым обеспечивающие минимизацию разрывов сессий передачи данных и голосовых вызовов, RLF, ненужных хэндоверов и "пинг-понгов". Для будущих высокочастотных сетей, в которых зона обслуживания базовой станции существенно уменьшается, частота хэндоверов повышается. Кроме того, приложения услуг 5G характеризуются высокими требованиями к качеству QoS в части надежности, задержки и т.д. Восприятие QoE таких сервисов очень чувствительно к успешности и длительности процедуры хэндовера.

Существующие алгоритмы хэндоверов основаны на методе проб и ошибок. Неудачные хэндоверы являются основной причиной отбрасывания (дропов) пакетов или дополнительной задержки в течение выполнения процедур мобильности, что является критичным для приложений, не допускающих отбрасывания пакетов и требующих низкую задержку. Область оптимизации мобильности включает также режим двойного подключения (DC), условный хэндовер (CHO) и хэндовер с двойным стеком (DAPS), являющиеся дополнительными аспектами оптимизации мобильности.

Алгоритм оптимизации мобильности, основанный на методе AI/ML, может формировать следующие выходные данные:

- предсказанная траектория перемещения абонентского терминала (широта, долгота, идентификатор соты cell ID абонентского терминала в следующий момент времени);
- оценка вероятности наступления условного хэндовера и соответствующий доверительный интервал;
- прогнозируемая целевая базовая станция для хэндовера, соты-кандидаты для CHO;
- приоритет CHO, время выполнения хэндовера и прогноз резервирования ресурсов для условного хэндовера;
- прогноз трафика абонентских терминалов;
- время достоверности выходных данных.

Для оптимизации работы алгоритма оптимизации мобильности, основанного на методе AI/ML, от объектов управления (базовых станций gNB сети NG-RAN) организуется следующая обратная связь на основе учета:

- параметров QoS абонентских терминалов (например, скорость передачи данных, задержка и др.);
- обновленного статуса использования ресурсов от целевой базовой станции gNB NG-RAN;
- параметров функционирования от целевой базовой станции gNB NG-RAN.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ AI/ML В СЕТИ БАЗОВОЙ СЕТИ 5G CORE

С началом внедрения технологии AI/ML в сеть 5G для 3GPP стало необходимым ввести в опорную сеть 5G Core новую модуль-функцию, которая может самостоятельно учиться, улучшать и формировать шаблоны данных на основе опыта и собранных в сети данных о функционировании сети. Партнерский проект 3GPP стандартизовал в сети 5G Core такой модуль-функцию под названием NWDAF (NetWork Data Analytics Function) [17, 18]. Модуль NWDAF обладает возможностью машинного обучения ML и собирает специфичные для сети данные от сетевых модуль-функций NF и предоставляет проанализированную информацию в реальном времени обратно в сетевые модули NF (AMF, SMF, NSSF, NEF, PCF), в модуль приложений AF и в систему управления, администрирования и эксплуатации OAM сети 5G (рис.2). Модуль NWDAF также может проводить прогностический анализ, который помогает проактивно управлять эффективностью функционирования сети 5G с наименьшим вмешательством со стороны человека.

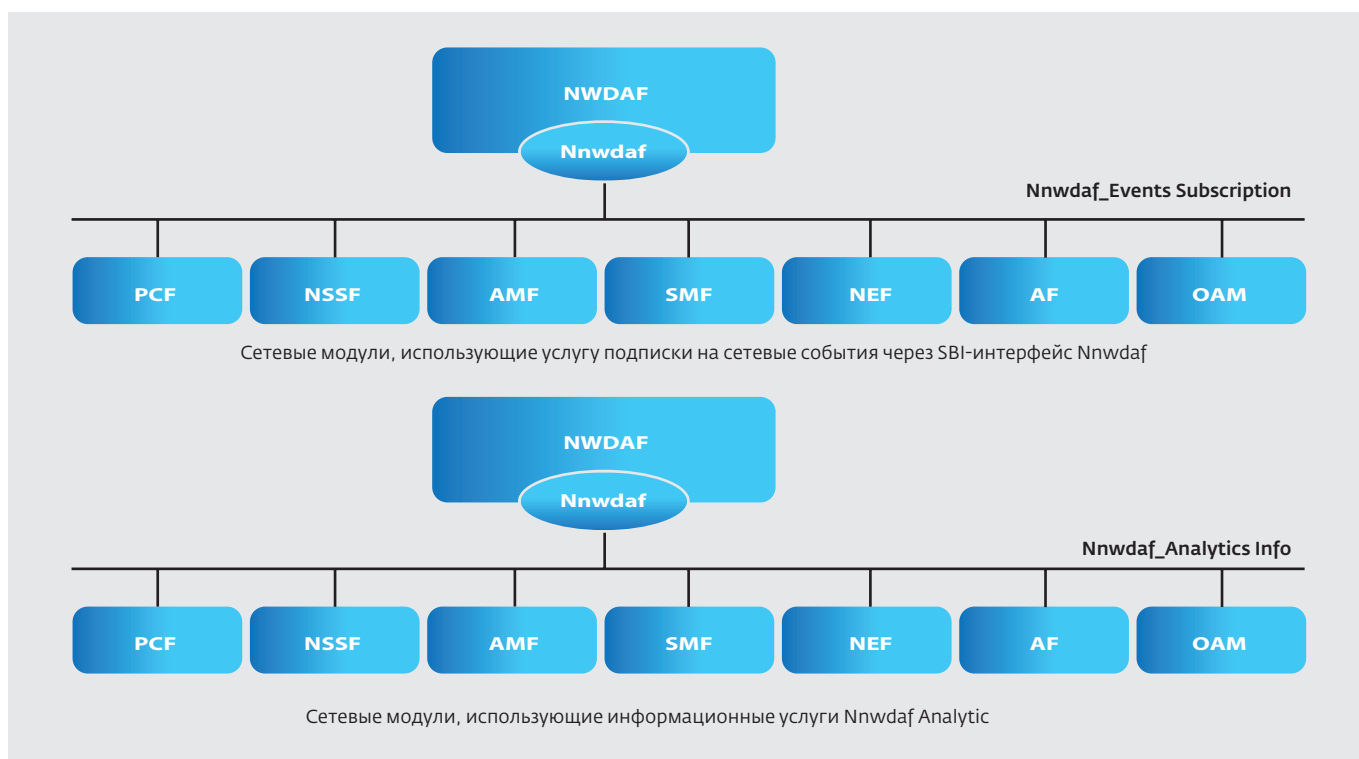


Рис.2. Модули опорной сети 5G Core, AF и OAM, обслуживаемые NWDAF

Модуль NWDAF уведомляет следующие сетевые модули NF – потребители данных, о сетевых событиях после их запроса на подписку на услуги аналитики данных:

- состояние уровня загрузки сетевого слоя (модуль выбора сетевого слоя NSSF);
- выполнение загрузки аналитической информации в модули-потребители NF (модули аутентификации и управления доступом AMF и управления сессиями SMF);
- данные о текущей эксплуатации и обслуживании сети (система управления, администрирования и эксплуатации OAM);
- устойчивость QoS с данными статистики изменения QoS за определенный период в прошлом в определенной области или вероятности изменения QoS за определенный период в будущем в определенных областях (модуль управления политиками PCF);
- состояние мобильности UE и связь UE (модуль взаимодействия с внешними сетями NEF соберет данные аналитики и перешлет в модуль сетевых приложений AF);
- перегрузка пользовательских данных (модуль NEF соберет данные аналитики и перешлет в модуль сетевых приложений AF);

- ненормальное поведение абонента (система управления, администрирования и эксплуатации OAM).

Модуль NWDAF содержит и использует следующие логические функции [19]:

- логическая функция аналитики (AnLF): функция модуля NWDAF, которая выполняет вывод, извлекает аналитическую информацию (т.е. выводит статистику и/или прогнозы на основе запроса потребителя аналитики) и оказывает сетевые услуги: подписки NWDAF Analytics Subscription или предоставление аналитики NWDAF Analytics Info;
- логическая функция обучения модели (MTLF): функция модуля NWDAF, которая обучает модели машинного обучения и предоставляет новые услуги обучения (например, предоставление обученных моделей ML).

Модуль NWDAF может содержать в своем функционале либо функцию MTLF, либо AnLF или обе логические функции. Хранение предварительно обученной модели ML и ее подготовка к использованию модулем NWDAF пока выходит за рамки стандартизации 3GPP [19].

В качестве метода AI/ML в технической спецификации TS23.288 предлагается для нескольких модулей NWDAF использовать метод федеративного обучения (FL) как метод машинного обучения в базовой сети 5G Core, который позволяет обучать модель ML в нескольких децентрализованных модулях NWDAF, содержащих локальные наборы данных, без обмена/совместного использования этих локальных наборов данных. Этот подход отличается от традиционных методов централизованного машинного обучения, когда все локальные наборы данных загружаются на один сервер, что позволяет решать такие важные вопросы, как конфиденциальность данных, безопасность данных, права доступа к данным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное внедрение технологий искусственного интеллекта AI/ML в сетях 5G позволяет существенно повысить эффективность функционирования как сети радиодоступа NG-RAN, так и базовой сети 5G Core. Использование методов AI/ML в сети радиодоступа NG-RAN в настоящее время сконцентрировано на решении задач энергосбережения сети (разгрузка трафика, модификация покрытия и деактивация соты), балансирования нагрузки для эффективного распределения нагрузки между сотами и оптимизации мобильности.

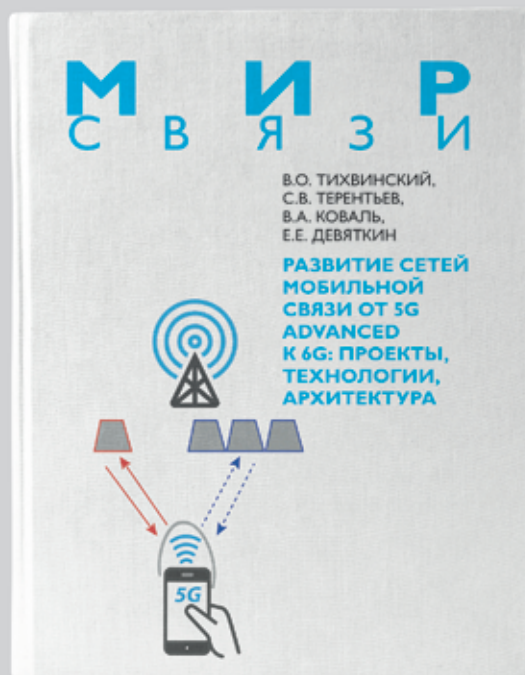
Базовая сеть 5G Core, реализующая искусственный интеллект и машинное обучение на основе модуля аналитики NWDAF, значительно упрощает мониторинг, анализ и прогнозирование производительности сети, выявление аномалий поведения абонентских устройств и прогнозирование качества обслуживания при использовании различных приложений и ключевых услуг сети 5G.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов. СПб: ИД Питер, 2023. 496 с.
2. Montojo J. AI/ML for NR Air Interface // 3GPP Highlights. 2022. Issue 05. PP. 7–8.
3. ETSI TS 128 105. v. 17. 2/0. 5G; Management and orchestration; Artificial Intelligence / Machine Learning (AI/ML) management.
4. 3GPP TS 28.105. Technical Specification Group Services and System Aspects; Management and orchestration; Artificial Intelligence / Machine Learning (AI/ML) management (Release 17).
5. 3GPP TR 37.817. Technical Specification Group RAN; Study on enhancement for data collection for NR and ENDC (Release 17).
6. 3GPP TR 23.700-80. Study on 5G system support for AI/ML-based services (Release 18).
7. Рекомендация МСЭ-Т Y.3172. Архитектурная основа для машинного обучения в ожидаемых сетях, включая IMT-2020. Июнь 2019 года.
8. Рекомендация МСЭ-Т Y.3170. Машинное обучение в ожидаемых комбинациях, IMT-2020: варианты использования (дополнение 55). Октябрь 2019 года.
9. Рекомендация МСЭ-Т Y.3173. Основы для оценки уровней интеллекта сложных сетей, включая IMT-2020. Февраль 2020 года.
10. Рекомендация МСЭ-Т Y.3174. Структура обработки данных для обеспечения МСЭ-Т возможности машинного обучения в ожидании возможностей, включая IMT-2020. Февраль 2020 года.
11. Рекомендация МСЭ-Т Y.3176. Интеграция рынка машинного обучения в будущие сети, включая IMT-2020. Сентябрь 2020 года.
12. FG ML5G Technical Specification. Requirements, architecture, and design for machine learning function orchestrator, SG13-TD578/WP 1. 2020.
13. FG ML5G Technical Specification. Serving framework for ML models in future networks including IMT-2020, SG13-TD576/WP 1. 2020.
14. FG ML5G Technical Specification. Machine Learning Sandbox for future networks including IMT-2020: requirements and architecture framework, SG13-TD575/WP 1. 2020.
15. FG ML5G Technical Specification. Machine learning based end-to-end network slice management and orchestration, SG13-TD577/WP 1. 2020.
16. FG ML5G Technical Specification. Vertical-assisted Network Slicing Based on a Cognitive Framework, SG13-TD579/WP 1. 2020.
17. 3GPP TS 29.520. Technical Specification Group Core Network and Terminals; 5G System; Network Data Analytics Services. Stage 3 (Release 18).
18. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А., Девяткин Е.Е. Развитие сетей мобильной связи от 5G Advanced к 6G: Проекты, технологии, архитектура. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. 528 с.
19. 3GPP TS 23.288. v. 18. 1.0. Technical Specification Group Services and System Aspects; Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services (Release 18).



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



В.О. ТИХВИНСКИЙ,
С.В. Терентьев,
В.А. Коваль,
Е.Е. Девяткин

Развитие сетей мобильной связи от 5G Advanced к 6G: проекты, технологии, архитектура

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 528 с.
ISBN 978-5-94836-662-3

Цена 1960 руб.

В книге рассмотрены перспективы эволюционного развития и стандартизации технологий мобильной связи пятого поколения 5G Advanced/IMT-2020 на пути к 6G/IMT-2030 международными организациями связи, представлены планы развития технологий 5G Advanced партнерским проектом 3GPP в релизах 17 и 18, проанализированы основные бизнес-модели услуг и промышленные приложения в сетях 5G Advanced/IMT-2020, рассмотрены цепочки создания стоимости услуг 5G. Проведена оценка возможностей выделения частотных диапазонов для развития сетей 5G и 6G с учетом повестки дня ВКР-23, рассмотрены особенности построения и архитектура сети радиодоступа 5G RAN фазы 3 (релиз 17), виды сигналов, нумерология их формирования и частотные каналы, используемые в сетях радиодоступа 5G Advanced.

Показаны будущие изменения сценариев архитектуры и функций базовой сети 5G Core, технологии программно определяемых сетей SDN сети 5G и технологии виртуализации сетевых функций NFV, реализуемые в базовой сети 5G Core для управления и оркестрирования. Приведены технические и ЭМС-характеристики радиооборудования (базового и абонентского) сети радиодоступа 5G RAN для новой фазы эволюции технологий 5G Advanced. Рассмотрены вопросы построения сети синхронизации в 5G Advanced.

Рассмотрены возможности построения фрагмента сетей 5G и 6G на спутниках и высокоподнятых летающих платформах HAPS, железнодорожной сети FRMCS на базе 5G Advanced, их архитектура, использование алгоритмов и технологий искусственного интеллекта в сетевых элементах 5G Advanced.

Представлено видение и будущий облик мобильной связи поколения 6G/IMT-2030, его ключевые услуги, перспективы освоения 6G терагерцевого диапазона волн в интересах внедрения голографической связи, виртуальной реальности, человекоцентричных приложений и Интернета вещей.

Для специалистов, студентов и магистрантов инфокоммуникационных специальностей университетов.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosfera.ru
sales@technosfera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosfera.ru