

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА для анализа сетевых данных в базовой сети 5G

В.О.Тихвинский, д.э.н., академик РАЕН
проф. МГТУ им. Н.Э.Баумана и Севастопольского
государственного университета,

главный научный сотрудник ФГБУ НИИР / vtniir@mail.ru,

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

А.А.Савочкин, к.т.н., заведующий кафедрой "Инновационные
телекоммуникационные технологии" Севастопольского
государственного университета / savochkin_mail@mail.ru,

Ю.Я.Смирнов, к.т.н., начальник отдела НИИ
Минобороны РФ / syu1969@yandex.ru,

Т.В.Новикова, доцент Севастопольского
государственного университета / tat.panina@gmail.com

УДК 621.391.82, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.113.5.46.55

Рассмотрено использование технологий искусственного интеллекта для анализа сетевых данных в базовой сети 5G (5G Core). Показаны особенности и роль машинного обучения (ML) в управлении базовой сетью 5G, а также реализация ML на основе совокупности сетевых модулей – функций 5G Core, отвечающих за аналитику сетевых данных.

ВВЕДЕНИЕ

В Релизах 15–16 Партнерский проект 3GPP определил новую функциональную структуру для сбора и анализа данных в сети 5G Core путем введения в архитектуру функции анализа сетевых данных NWDAF (NetWork Data Analytics Function), а также

соответствующих вспомогательных сетевых функций и интерфейсов. Модуль NWDAF обладает возможностью внедрения технологий машинного обучения ML (Machine Learning) в процессы сбора/обработки данных, собирает специфичные для сети 5G данные функционирования

и эксплуатации от модулей – сетевых функций NF опорной сети 5G, а также предоставляет проанализированную информацию для управления в реальном времени обратно в сетевые модули NF (AMF, SME, NSSF, NEF, PCF), приложения AF и в систему управления, администрирования и эксплуатации OAM сети 5G. Релиз 17 3GPP обновил архитектуру функции аналитики сетевых данных NWDAF и предоставил стандартизованное решение для аналитики на основе технологий ML и автоматизации с обратной связью в целях улучшения качества обслуживания абонентов сети 5G.

Авторы продолжают рассмотрение особенностей использования технологий искусственного интеллекта (AI) в сети 5G [2] для сценариев и решений на основе машинного обучения AI/ML для анализа сетевых данных на различных участках сети 5G.

ФУНКЦИЯ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ ДАННЫХ 5G

Модуль-функция NWDAF представляет собой логическую функцию сетевой аналитики в архитектуре опорной сети 5G Core, управляемую оператором сети связи 5G, которая использует сетевые услуги и интерфейсы, определенные для сети 5G Core [3] и системы управления и эксплуатации (OAM) сети 5G. Модуль NWDAF предоставляет сетевым модулям NF аналитический анализ (далее – аналитику) сетевых данных для конкретного сетевого слоя, формируемого сетью 5G в целях управления сетевыми ресурсами и повышения качества услуг.

Предоставляемая модулем NWDAF сетевая аналитика включает:

- сетевую аналитическую информацию (т.е. информацию об уровне нагрузки и других сетевых параметрах) сетевым модулям NF на уровне конкретного сетевого слоя, при этом модулю NWDAF не требуется иметь данные о конкретных абонентах, создающих эту нагрузку и использующих выбранный сетевой слой;
- аналитическую информацию о состоянии модулей опорной сети 5G Core, участвующих в формировании сетевого слоя, поставляемую тем сетевым модулям NF, которые подписаны на формируемую аналитику данных.

Взаимодействуя с различными модулями опорной сети 5G, модуль NWDAF выполняет свои функции в целях:

- сбора данных на основе подписки на сетевые услуги, предоставляемые AMF, SME, PCF,

UDM, NSACF, AF (напрямую или через модуль NEF) и системе OAM;

- получения аналитики и сбора данных с использованием DCCF (функция координации сбора данных);
- извлечения информации из хранилищ данных (например, базы структурированных сетевых данных (UDR) через универсальную базу данных абонентов (UDM) для получения информации, связанной с абонентами сети);
- хранения и извлечения информации из репозитория ADRF (Analytics Data Repository Function) базы UDM;
- получения аналитики и сбора данных из модуля-адаптера обмена сообщениями MFAF (Messaging Framework Adaptor Function);
- получения информации о параметрах сетевой функции NF (например, через модуль NRF);
- предоставления модуль-функциям NF опорной сети 5G Core как потребителям сетевой аналитики по требованию;
- предоставление больших данных аналитическому сервису Google Analytics от системы Google, который собирает статистику в сети 5G [4] при наличии соглашения с оператором.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СЕТЕВЫХ ДАННЫХ 5G

Система взаимосвязанных функций аналитики, определенных и стандартизованных 3GPP для поддержки анализа сетевых данных при развертывании сетей 5G, включает (рис.1.) [3]:

- модуль NWDAF с логическими функциями аналитики (AnLF) и функцией обучения модели ML (MTLF);
- модуль-функцию DCCF (координации сбора данных аналитики и их доставки);
- модуль-функцию ADRF (репозитория (хранилища) аналитических данных);
- модуль-функцию MFAF (адаптера платформы обмена сообщениями).

AnLF – это логическая функция модуля NWDAF, которая выполняет вывод, извлекает аналитическую информацию (т.е. выводит статистику и/или прогнозы на основе запроса потребителя аналитики) и предоставляет сетевые услуги: подписки Nnwdaf_Analytics Subscription или аналитику Nnwdaf_Analytics Info.

MTLF – это логическая функция модуля NWDAF, которая обучает модели машинного обучения ML и предоставляет новые услуги обучения (например, предоставление обученных моделей ML).

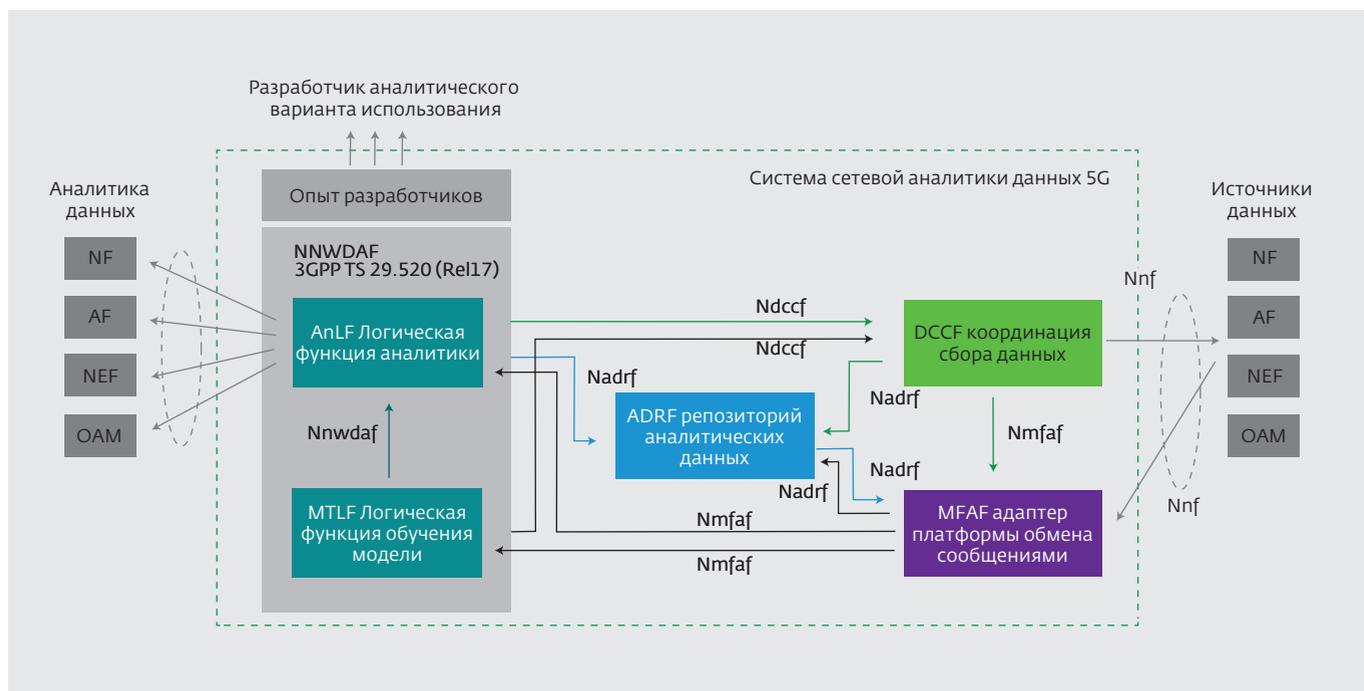


Рис.1. Архитектура системы аналитики сетевых данных 5G [5]

Модуль NWDAF может содержать внутри своего функционала либо функцию MTLF, либо AnLF или обе эти логические модуль-функции.

Модуль-функция адаптер платформы обмена сообщениями MFAF (Messaging Framework Adapter Function) представляет собой платформу обмена сообщениями как средство, с помощью которого данные аналитики или уведомления о событиях (содержащие необработанные данные для обработки модулем NWDAF) могут распространяться по сети 5G Core. Процедуры функционирования модуля MFAF пока не стандартизированы Партнерским проектом 3GPP. Поэтому модуль обмена сообщениями MFAF может быть развернут для предоставления стандартного набора услуг таким, как модули NWDAF и DCCF, при этом ни один из этих модулей не подвергается непосредственному управлению модулем обмена сообщениями (MFAF).

Модуль-адаптер обмена сообщениями MFAF поддерживает следующие функции [5]:

- взаимодействие с модулем DCCF, который управляет тем, как платформа обмена сообщениями будет обрабатывать, форматировать и отправлять данные потребителям или конечным точкам уведомлений;
- получение данных от модулей 5G Core – источников сетевых данных – через сетевые услуги, предлагаемые этими источниками;

- отправка данных, полученных из источников данных, в систему обмена сообщениями (вне рамок стандартизации 3GPP);
- получение данных из системы обмена сообщениями (вне рамок стандартизации 3GPP);
- обработка, форматирование и отправка данных указанным потребителям или конечным точкам уведомлений.

Модуль DCCF (функция координации сбора данных) используется при развертывании системы аналитики данных на основе нескольких модулей NWDAF, когда могут потребоваться одни и те же необработанные данные от сетевых модулей 5G Core как входные данные для модуля NWDAF, а кроме того, когда нескольким сетевым модуль-функциям NF могут потребоваться одни и те же обработанные аналитические данные (выходные данные модуля NWDAF). Чтобы избежать дублирования запросов на одни и те же данные и, следовательно, создания идентичных необработанных данных или аналитических данных, запросы данных нескольких сетевых модуль-функций NF могут координироваться модулем DCCF. То есть все запросы от NF в первую очередь будут направляться в DCCF, который затем организует доставку запрошенных данных (без дублирования запросов производителями данных).

Модуль координации сбора данных DCCF поддерживает следующие функции [5]:

- определение сетевых модулей 5G Core (NF) – источников данных, которые могут предоставить данные для полученного в модуль NWDAF запроса данных;
- определение начала процесса сбора данных из конкретного источника данных – сетевого модуля NF;
- инструктирование сервиса обмена данными (Messaging Framework) для отправки данных потребителям или конечным точкам уведомлений;
- инструктирование сервиса обмена данными для форматирования и обработки данных, отправленных через сетевую услугу Messaging Framework;
- форматирование и обработка данных аналитики;
- отправка данных потребителям или конечным точкам уведомлений;
- регистрация модулей NWDAF и ADRF, которые уже получают данные от источника данных сетевой аналитики.

Использование модуля DCCF согласно требованиям 3GPP для работы модуля NWDAF не является обязательным.

Как видно из рис.1, все модули системы аналитики сетевых данных обеспечивают обмен данными в процессе сбора аналитики на основе пяти сервисно-ориентированных SBI-интерфейсов Nnwdaf, Ndccf, Nadrf, Nmfa и Nnf:

- Nnwdaf реализует не только внешний интерфейс, но и внутренний интерфейс, соединяющий модули логических функций внутри модуля NWDAF – логической функции аналитики AnLF и логической функции обучения модели MTLF;
- Ndccf – интерфейс, соединяющий модуль координации сбора данных DCCF с логическими функциями внутри модуля NWDAF;
- Nadrf – интерфейс, соединяющий репозиторий ADRF универсальной базы данных

абонентов с логической функцией аналитики AnLF и адаптером платформы обмена сообщениями MFAF;

- Naf – интерфейс, соединяющий модули DCCF и MFAF с сетевыми модулями NF 5G – источниками сетевых данных, модулем NEF, модулем приложений AF и системой управления и эксплуатации.

Интерфейс Nnwdaf используется для взаимодействия сетевых модулей NF сети 5G Core, чтобы запрашивать подписку на доставку сетевой аналитики для определенного контекста, отменять подписку на доставку сетевой аналитики и запрашивать определенный отчет сетевой аналитики для определенного контекста.

Интерфейс Nnwdaf используется модулем NWDAF как внутренний интерфейс для взаимодействия логической функции AnLF и логической функции обучения MTLF, а также для запроса и подписки на услуги подготовки обученной модели ML.

Интерфейс Ndccf используется для любого из сетевых модулей NF, чтобы поддерживать запросы на подписку модуля на данные сетевой аналитики, отменять подписку на сетевую аналитику и запрашивать отчет о сетевой аналитике. Если аналитика еще не собрана, то модуль DCCF запрашивает аналитику у NWDAF с помощью команд сетевой услуги Nnwdaf.

Интерфейс Nadrf используется репозиторием аналитических данных для соединения с логической функцией аналитики AnLF модулей NWDAF, DCCF и MFAF. По интерфейсу Nadrf репозиторием ADRF определяется точный формат, которому должен следовать запрос от модулей AnLF, DCCF и MFAF на хранение аналитических данных.

Интерфейс Nmfa используется модулем адаптера платформы обмена сообщениями MFAF для соединения с модулем – логической функцией аналитики AnLF и логических функций обучения модели MTLF, а также модулем DCCF.



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

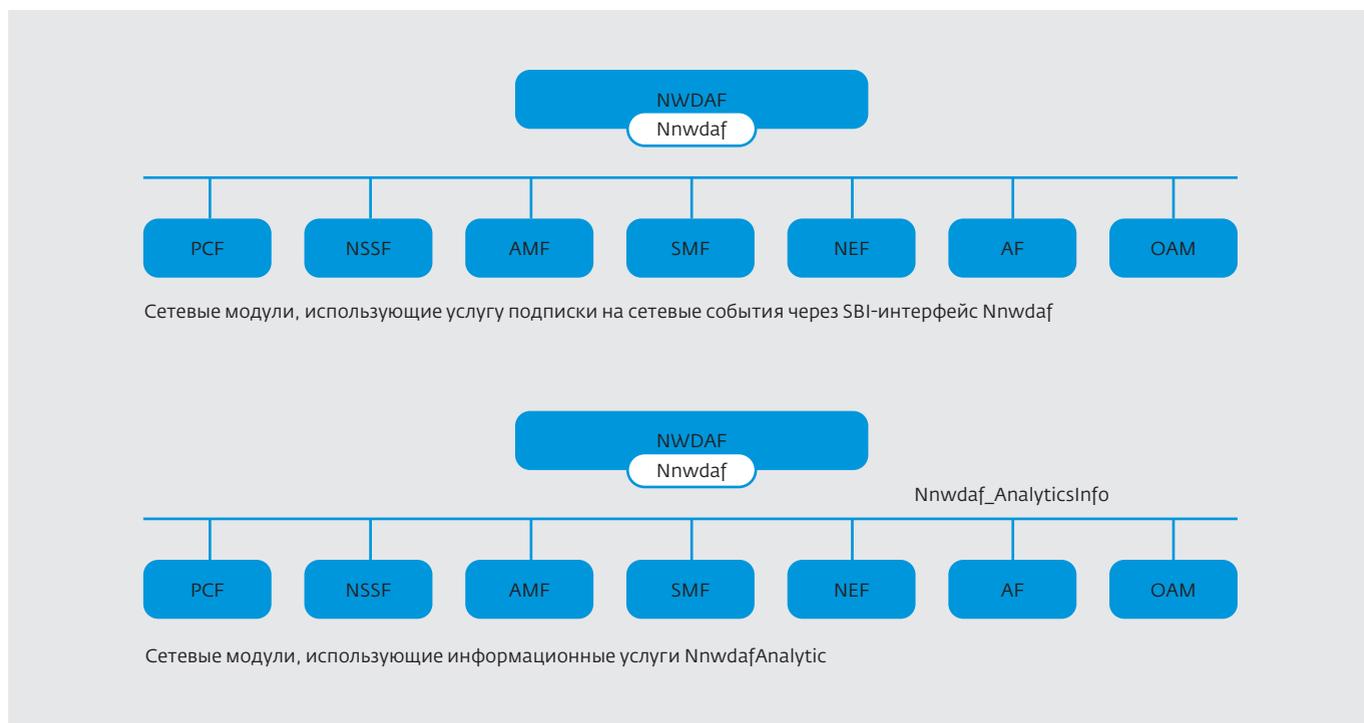


Рис.2. Модули опорной сети 5G Core, приложений AF и OAM, обслуживаемые сетевыми услугами модуля NWDAF

Интерфейс Nnf определен для модуля NWDAF, чтобы запрашивать подписку на доставку данных для используемого контекста, отменять подписку на доставку данных и запрашивать отчет о данных для этого контекста. Также интерфейс Nnf обеспечивает взаимодействие модулей DCCF и MFAC с сетевыми модулями NF – источниками данных, NEF, AF и системой OAM.

В сети 5G могут быть развернуты один или несколько модулей NWDAF. Если развернуто несколько таких модулей, архитектура поддерживает развертывание модуля NWDAF в качестве централизованной сетевой функции NF в виде совокупности распределенных модулей NWDAF или их комбинации. При развертывании распределенной структуры модулей NWDAF один из этих модулей может выступать в качестве точки агрегирования (т.е. агрегатора модулей NWDAF) и собирать аналитическую информацию от других модулей NWDAF, каждый из которых может содержать разные наборы логических функций обучения модели MTLF и логических функций аналитики AnLF, и охватывать разные области обслуживания (TA – Tracking Area) для создания агрегированной сетевой аналитики (по идентификатору аналитики) или с аналитикой, сгенерированной самостоятельно.

СЕТЕВЫЕ УСЛУГИ ФУНКЦИИ АНАЛИТИКИ ДАННЫХ

Модуль NWDAF предоставляет сетевым модулям (AMF, SMF, NSSF, NEF, PCF), модулю приложений и системе управления, администрирования и эксплуатации сети 5G различную аналитическую информацию на основе проанализированных событий в сети 5G с использованием двух видов сетевых услуг, а именно [1]:

- услуга Nnwdaf_EventsSubscription (подписка на события);
- услуга Nnwdaf_AnalyticsInfo (аналитика данных).

Услуга подписки Nnwdaf_Events Subscription выполняется при помощи передачи команд подписки на услуги/отмены подписки на услуги аналитики для обеспечения взаимодействия и работы с сетевыми модулями-потребителями данных аналитики NF (AMF, SMF, NSSF, NEF, PCF) опорной сети 5G. Сетевые модули опорной сети 5G Core, имеющие доступ к сетевой услуге подписки на получение аналитики сетевых данных и к сетевой услуге получения аналитики показаны на рис.2.

Услуга аналитики Nnwdaf_Analytics Info позволяет модулям – потребителям NF, запрашивать и получать различные типы аналитической

информации, когда это необходимо в ходе выполнения их функций.

Чтобы воспользоваться сетевой услугой, модули-потребители данных должны зарегистрироваться в NWDAF с помощью команд подписки/отмены подписки. Как только подписка будет выполнена, модуль NWDAF сохранит ее и уведомит модули-потребители NF о наблюдаемых сетевых событиях, используя команду уведомлений Notify.

Модуль NWDAF поддерживает услугу подписки Nnwdafevents Subscription на основе прикладного интерфейса RESTFUL API, использующего версию протокола гиперссылок HTTP/2. Этот модуль формирует команду-запрос сервера HTTP POST [1], чтобы уведомить модуль-потребитель NF о наблюдаемом сетевом событии, на который данный потребитель подписан. Как только уведомление от модуля NWDAF будет принято модулем NF, он сохранит уведомление для дальнейшей обработки и ответит модулю NWDAF сообщением "201 Created".

Для получения модулем-потребителем различных типов аналитической информации NF посылает запрос в виде команды HTTP GET к модулю NWDAF для получения аналитической информации с использованием сетевой услуги аналитики Nnwdafevents Analytics Info. NWDAF анализирует перечень запрошенных аналитических данных и их соответствие сетевым событиям в сети 5G. Если модуль NWDAF примет команду-запрос GET от сетевого модуля NF, то он ответит командой "200 OK" вместе с телом сообщения, содержащим проанализированную информацию, запрошенную сетевым модулем-потребителем. Если данные отсутствуют в модуле NWDAF, он ответит командой "204 Нет содержимого".

Методы машинного обучения в системе анализа сетевых данных сети 5G Core

Использование модуля NWDAF позволяет применить методы искусственного интеллекта и машинного обучения (МО/ML) для реализации автоматизации сети с минимальным привлечением человека к управлению и эксплуатации сети 5G. Для этого потребуется более локализованное "когнитивное самоуправление" для каждого элемента сети радиодоступа 5G RAN и перенесенной на границу RAN вычислительной мощности опорной сети 5G Core, то есть все коммуникационные связи и эксплуатационные требования анализируются модулем NWDAF в месте формирования аналитики сетевых данных. С другой стороны, в сетях 5G управление которых основано на аналитике

сетевых данных, оно переходит к абстракциям более высокого уровня для кластеров сетевых узлов, управляемых по интерфейсам управления на основе намерений и политик сети, что позволяет тесно согласовываться с процедурами управления услугами 5G. В качестве методов искусственного интеллекта, внедряемых в системе аналитики данных сети 5G Core, используют методы машинного обучения, которые могут быть применены в зависимости от требований к решаемым задачам аналитики сетевых данных (рис.3).

Методы машинного обучения ML, рассматриваемые в Технических спецификациях (TS) 3GPP, включают обучение с учителем (контролируемое обучение), полуконтролируемое обучение с учителем, обучение без учителя (неконтролируемое обучение) и обучение с подкреплением (RL).

Каждый метод обучения подходит для одной или нескольких конкретных категорий логического вывода данных (например, предсказания) и требует определенного типа обучающих данных. Сравнение методов обучения ML, стандартизованных 3GPP для сети 5G, представлено в табл.1 [1].

Как видно из таблицы, при обучении с учителем для каждого действия существует набор инструкций обучения, и цель обучения состоит в том, чтобы сопоставить входные и выходные данные и изучить правила для помеченных (маркированных) обучающих данных. В этой категории вывода данных после обучения используются модели регрессии и классификации в зависимости от того, является ли выводимое значение непрерывным или дискретным.

Обучение без учителя – это процесс, противоположный обучению с учителем, и обычно его можно применять, когда недостаточно данных для обучения и они не помечены (маркированы). В случае неконтролируемого обучения агент обучения должен обнаружить скрытую структуру для не помеченных обучающих данных [7]. Но для случая обучения с подкреплением у обучаемого есть начальная и конечная точки обучения, и чтобы достичь окончания процесса, обучаемый должен найти наилучшие возможные решения (действия), манипулируя данными о среде обучения. Достигнув окончательного решения, обучаемый агент (модель ML) получает вознаграждение, но, если ему это не удастся, он не получает никакого вознаграждения. Поэтому обучаемый должен изучить окружающую среду обучения, чтобы получить максимальное вознаграждение [8].

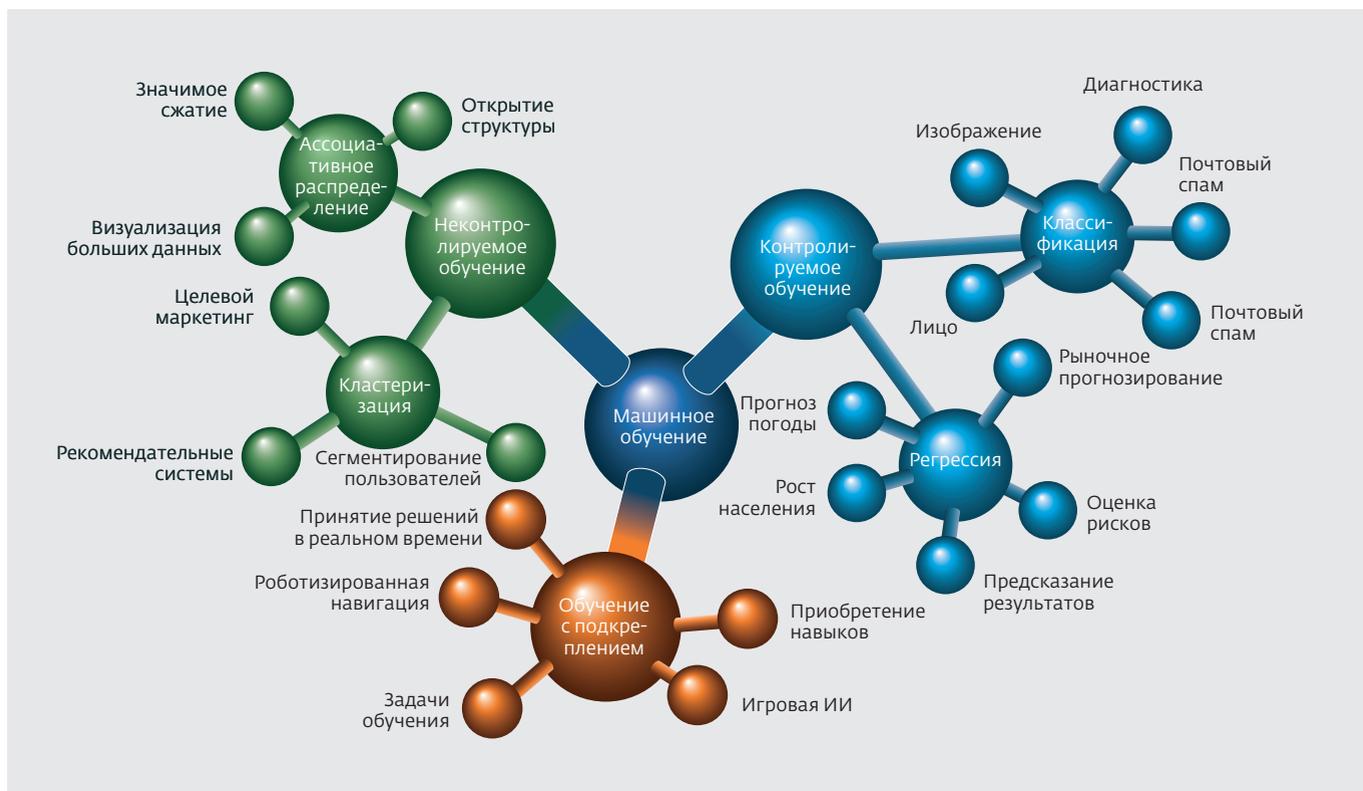


Рис.3. Применение методов машинного обучения ML [6]

В качестве возможных видов аналитики сетевых данных, подготавливаемой в том числе с использованием алгоритмов ML в модуле NWDAF, могут быть:

- аналитика в части загрузки сетевых слоев NSSAI;
- аналитика в части загрузки сетевых модулей NF опорной сети;
- аналитика на уровне клиентского опыта потребления услуг;

- аналитика в части отдельных групп пользовательских терминалов, в том числе формирование отчетов, связанных с мобильностью (mobility management), соединением с сетью (communication management), детектирование аномального поведения абонентских терминалов UE;
- аналитика в части эффективности функционирования (производительности) сети (NP, Network Performance);

Таблица 1. Виды машинного обучения и их характеристики

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 (маркированные) данные ¹	Помеченные данные ¹ и немаркированные данные	Немаркированные данные	Не предопределено

¹ Маркированные данные означают, что входные и выходные параметры обучаемой модели явно помечены для каждого примера обучающих данных.

- аналитика в части перегрузки сети (Overload) и метрик качества услуг QoS.

Хранение предварительно обученной модели ML и ее подготовка к использованию модулем NWDAF для управления сетевыми ресурсами 5G пока не охвачены рамками стандартизации 3GPP и выполняется разработчиками технологий обучения модели ML на основе заказов вендеров оборудования 5G.

ФЕДЕРАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ СРЕДИ НЕСКОЛЬКИХ МОДУЛЕЙ NWDAF

Ввиду того, что в сети 5G может быть развернуто несколько модулей NWDAF, каждый из которых может содержать разные наборы логических модуль-функций обучения модели MTLF и логических модуль-функций аналитики AnLF для решения задачи обучения каждого из NWDAF в распределенной структуре аналитики сетевых данных предложено использование технологии федеративного обучения (FL, Federated Learning) [9].

Технология федеративного обучения позволяет осуществлять коллективное машинное обучение в сети 5G Core на распределенных обучающих наборах сетевых данных без их передачи в единое хранилище [10].

Согласно терминологии 3GPP [1] обучение представляет возможность получения данных для обучения модуль-функции обучения ML, их обработки в модели машинного обучения, получения соответствующих отклонений и корректировки параметров этой модели машинного обучения на основе вычисленных отклонений.

Федеративное обучение модели ML – это совместное обучение, которое обучает и обновляет алгоритм ML совместными усилиями нескольких серверов или пограничных устройств, которые децентрализованно развернуты в сети 5G. Вся совокупность распределенных модулей аналитики NWDAF сети 5G Core, участвующих в процессе федеративного обучения модели ML, называется федерацией. Технология FL не обменивается образцами локальных данных между пограничными устройствами, вместо этого модуль NWDAF использует модель ML совместно с другими участвующими серверами или устройствами. Процесс FL распределенных модулей NWDAF показан на рис.4.

Методы, основанные на FL, ориентированы на федерализацию распределенных модулей NWDAF, которые берут на себя значительный объем задач по оптимизации основной модели машинного обучения, однако существует один центральный сервер, который координирует все модули NWDAF с соответствующими логическими функциями.

Федеративное обучение модели ML нескольких модулей NWDAF в сети 5G Core – это метод машинного

обучения в базовой сети 5G Core, который обучает модель машинного обучения на нескольких децентрализованных модулях NWDAF, содержащих локальные наборы данных, без обмена/совместного использования 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.

Горизонтальное федеративное обучение поддерживается среди нескольких модулей NWDAF, что означает, что локальный набор данных в разных NWDAF (клиентах FL) имеет одно и то же пространство функций для разных модулей (например, идентификаторов абонентского терминала).

Для федеративного обучения, поддерживаемого несколькими модулями NWDAF, содержащими логические функции обучения модели MTLF, существует один модуль NWDAF, содержащий MTLF, действующий как сервер FL (сокращенно: NWDAF-сервер FL), и несколько NWDAF, содержащих логические функции обучения модели MTLF, выступающих в качестве клиента FL (сокращенно NWDAF-клиент FL).

Преимуществами использования технологии федеративного обучения в системе аналитики данных сети 5G по отношению к технологиям глубокого обучения DL будут:

- обеспечение FL большей безопасности и конфиденциальности данных, поскольку все обучение выполняется непосредственно на каждом из модулей NWDAF;
- использование для FL минимального набора оборудования для обработки данных, что снижает стоимость обработки данных;
- отсутствие требований подключения обучения для FL во время работы распределенных модулей NWDAF, так как модели FL устанавливаются непосредственно на модули.

Вместе с тем, использование технологии федеративного обучения в системе аналитики данных сети 5G может накладывать следующие ограничения:

- использование FL для обучения нескольких модулей NWDAF для централизации и децентрализации аналитики данных приводит к усложнению проблем с подключения и взаимодействия между распределенными по сети модулями NWDAF;
- сложности разработки инфраструктуры для непрерывного обучения с использованием технологии FL.

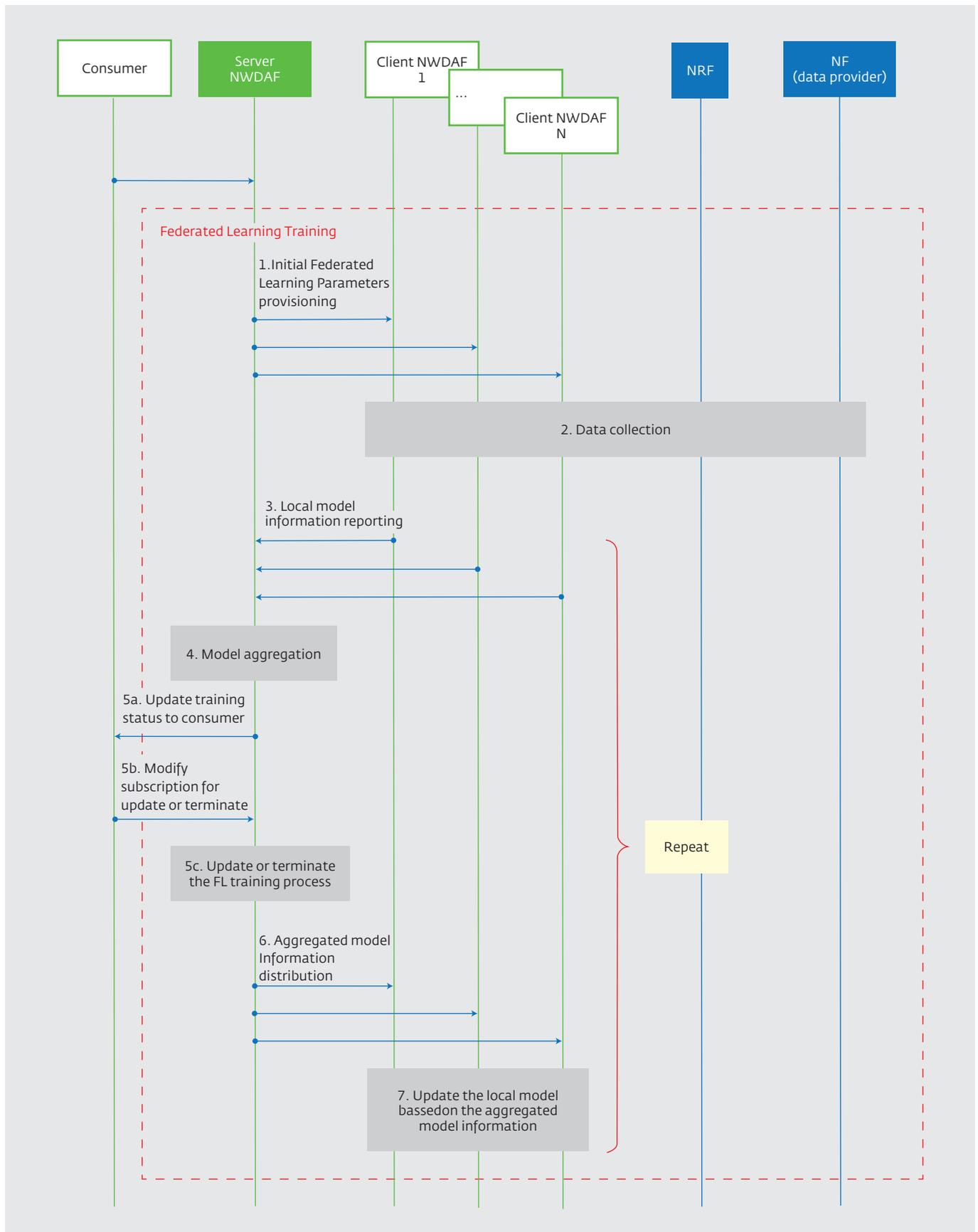


Рис.4. Федеративное обучение среди нескольких модулей NWDAF [4]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня система аналитики сетевых данных опорной сети 5G Core рассматривается как главная точка применения технологий искусственного интеллекта в сетях 5G Advanced.

Из совокупности технологий искусственного интеллекта Партнерский проект 3GPP определил машинное обучение как технологию, которая будет стандартизована для системы аналитики сетевых данных 5G Core, обеспечивающую поддержку и управление ресурсами сети 5G.

Для обучения моделей, реализующих технологию машинного обучения в системе аналитики сетевых данных 5G, которая построена на использовании распределенных модулей сетевой аналитики, предложено использовать технологии федеративного обучения.

3GPP до настоящего времени не определился с необходимостью стандартизовать ряд модулей системы аналитики сетевых данных (например, модулей DCCF и MFAF), что позволят российским разработчикам опорных сетей 5G Core начать борьбу за технологическое лидерство в данной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3GPP TS 29.520. 5G System; Network Data Analytics Services; Stage 3, Release 17, 2023.
2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Девяткин Е.Е. Применение технологий искусственного интеллекта в сетях 5G // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2023. № 3. С. 52–60.
3. 3GPP TS 23.501. 5G System; System architecture for the 5G System (5GS).
4. Daniel Giordano. How To Use Google Analytics To Find Out What Devices Your Customers Use. [Электронный ресурс]. URL: <https://smartbear.com/blog/use-google-analytics-find-devices-customers-use/> (дата обращения 03.02.2023).
5. 3GPP TS 23.288 5G System; Architecture enhancements for 5G System (5GS) to support network data analytics services, Release 17, 2023.
6. AI/ML in future of wireless communications. Part 1: basic and fundamentals. Rhode & Schwarz, 2022. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rohde-schwarz.com/fi/knowledge-center/videos/-thinksix-is-it-time-for-wireless-communication-to-get-smarter-with-ai-ml-part-1-video-detailpage_251220-1328168.html (дата обращения 11.06.2023).
7. Kumar D.P., Amgoth T., Annavarapu C.S.R. Machine learning algorithms for wireless sensor networks: A survey // Information Fusion. 2019. Vol. 49. PP. 1–25.
8. Ravishankar N., Vijayakumar M. Reinforcement learning algorithms: Survey and classification // Indian J. Sci. Technol. 2017. No. 10. PP. 1–8.
9. Hard A., Rao K., Mathews R. et al. Federated learning for mobile keyboard prediction. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1811.03604.pdf> (дата обращения 11.07.2023).
10. Ефремов М.А. Разработка архитектуры универсального фреймворка федеративного обучения // Программные продукты и системы. 2022. № 2(35). С. 263–272.

"ВымпелКом" внедряет систему, сокращающую время на отработку проблем на сети в три раза

Специалисты технического блока оператора "ВымпелКом" (бренд биллайн) разработали систему управления операциями "Журнал событий", которая собирает информацию о состоянии сети в режиме реального времени, распределяет инциденты по степени влияния на клиентский сервис и взаимодействует с полевыми инженерами для оперативного устранения аварий на местах.

"Журнал событий" может находить первопричины аварий, автоматически объединять инциденты по времени и локации, а также формировать задачи для полевых инженеров. Интерфейс системы выполнен в виде десктопного приложения, которое позволяет создать гибкий фильтр по событиям, интересу-

ющим пользователя, управлять инцидентами на сети, показывать информацию по аварийности в конкретной локации, видеть статистику в исторической перспективе и т.д.

Помимо десктопной версии, специально для полевых инженеров разработано мобильное приложение. В нем специалист может оценить состояние сети по своему региону и филиалу вплоть до конкретной базовой станции (БС), посмотреть на карте местоположение возможного аварийного участка и все открытые по нему задачи. Приложение также умеет взаимодействовать с элементами сети для проверки доступности оборудования, состояния БС и их блокировки или разблокировки. Все это ускоряет принятие

решений по устранению аварий более, чем в три раза, и значительно снижает время простоя сервиса.

В ближайшее время через приложение можно будет удаленно запускать на оборудовании необходимые скрипты для локализации и устранения аварий и дистанционно перезапускать БС. Также в разработке находятся такие функции, как создание "умной очереди" необходимых к выполнению задач, отправка точечных уведомлений полевым инженерам, находящимся в наиболее близкой к аварийной БС точке, а также расчет оптимального маршрута для сотрудника в мобильном приложении.

По информации ПАО "ВымпелКом"