



Машинное обучение радиоресурсов в сетях пятого поколения

Е.А. КУЧЕРЯВЫЙ, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ доктор технических наук, Д.В. ОСИПОВ, генеральный директор ООО “ЮБИТЕЛ”, В.А. ПРОСВИРОВ, эксперт-исследователь, научный сотрудник МИЭМ НИУ ВШЭ, Э.М ХАЙРОВ, эксперт-исследователь, научный сотрудник МИЭМ НИУ ВШЭ

Сети связи стандарта 5G способны обеспечить беспрецедентную скорость передачи данных, низкую задержку и возможность подключения множества разнообразных устройств. Однако такие очевидные преимущества сопровождаются сложностями, связанными с использованием миллиметрового диапазона частот для передачи данных, и требуют проработки новых подходов обеспечения надежности, эффективности и безопасности. Применение методов машинного обучения (МО) в качестве инструментария оптимизации функционирования радиоресурсов сетей пятого поколения становится фактически стандартом.

На основании анализа спецификаций 5G Releases 17 и 18 консорциума 3GPP машинное обучение может использоваться для решения приведенных далее задач управления радиоресурсами.

Улучшение энергоэффективности

Несмотря на то, что сети 5G являются примерно в четыре раза энергоэффективнее сетей 4G, их энергопотребление в три раза больше из-за необходимости внедрения существенно большего количества ячеек для обеспечения того же уровня покрытия на высоких частотах. Таким образом, улучшение энергоэффективности является одной из основных задач при разработке сетей 5G.

С помощью алгоритмов машинного обучения представляется возможным с высокой точностью делать анализ и предсказание сетевой нагрузки, регулировать

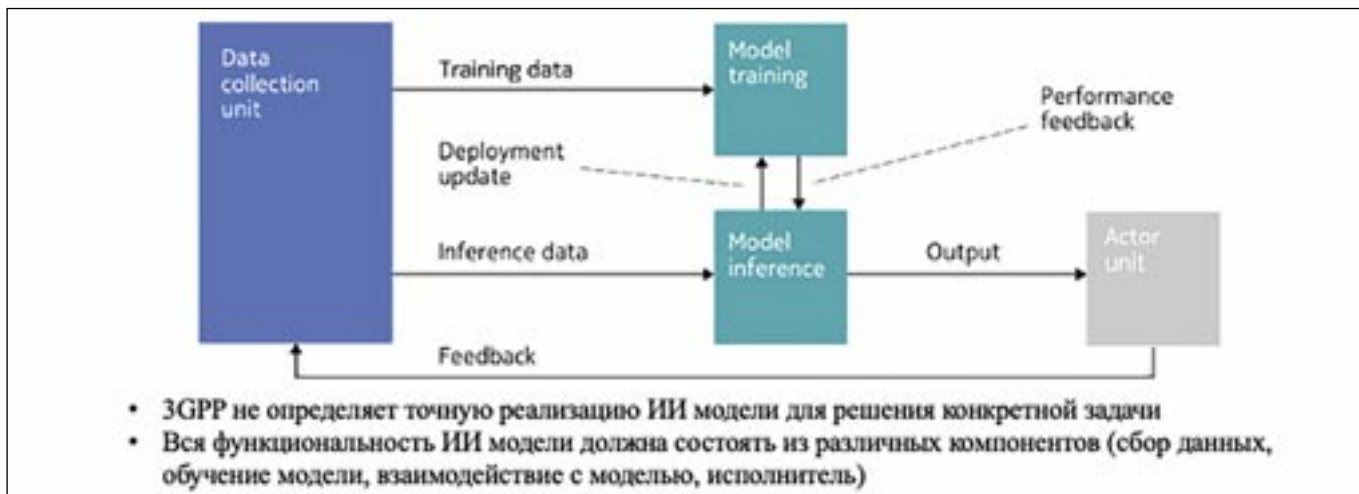
ее параметры в реальном времени для сокращения энергопотребления, управляя включением и отключением режима ожидания, контролируя мощность передачи в зависимости от текущих и прогнозируемых условий, а также распределять энергию между точками доступа, отдавая предпочтение более нагруженным узлам сети в реальном времени.

Использование продвинутых методов МО поможет избежать проблем, которые есть у традиционных методов улучшения энергоэффективности, а именно: неточное прогнозирование нагрузки ячеек сети и конфликт между производительностью и энергоэффективностью.

Балансировка нагрузки

Является важной задачей, следующей из необходимости развертывания большого количества точек доступа для обеспечения лучшего покрытия. Сети 5G будут характеризоваться динамическим изменением трафика.

Анализируя сетевые условия в реальном времени и данные о поведении пользователей, алгоритмы МО могут динамически распределять сетевой трафик по разным базовым станциям и предсказывать пиковые нагрузки. Это позволит обеспечить эффективное использование ресурсов и снизить вероятность возникновения перегрузок, базируясь на прогнозах нагрузки компонентов сети, что, в свою очередь, позволит избежать возникновения сетевых перегрузок и ухудшения качества обслуживания.



Общая структура ИИ интерфейса 5G RAN в соответствии с 3GPP Rel. 18

ЮБИ IOTEST

Платформа тестирования
устройств IoT



ЮБИТЕЛ

WWW.YUBITEL.RU

ЮБИТВИН

Цифровой полигон
для разработки
и тестирования
телекоммуникационных
систем с библиотеками
моделей искусственного
интеллекта

ЮБИСИМ

Многоцелевая
платформа
моделирования
телекоммуникационных
систем с интегрированными
библиотеками
искусственного интеллекта



Оптимизация мобильности и управление качеством обслуживания (QoS)

Одна из основных проблем в сетях 5G. В результате использования миллиметрового диапазона частот качество канала между точкой доступа и мобильным устройством меняется очень быстро, что может привести к быстрой деградации скорости передачи данных или обрыву соединения.

Оптимизация мобильности с помощью алгоритмов МО обеспечивает непрерывность обслуживания с помощью анализа и предсказания уровня шума в последующие моменты времени, прогнозирования изменений в параметрах сети и принятия корректирующих действий для обеспечения стабильного соединения с минимальной задержкой, например в таких критически важных приложениях, как телемедицина.

Управление лучом

Задача управления лучом (Beam Management) в сетях 5G относится к процессу оптимизации направления и формы луча передаваемого или принимаемого сигнала между базовой станцией и конечным устройством, например смартфоном или другим устройством пользователя.

Основная цель управления лучом заключается в максимизации качества связи и эффективности использования ресурсов. Это достигается путем фокусировки энергии передаваемого в определенном направлении сигнала, что позволяет сократить влияние помех и интерференции.

Процесс управления лучом включает несколько важных этапов: формирование, выбор, переключение и отслеживание. Все эти этапы направлены на поддержание высококачественных каналов связи, несмотря на различные проблемы, такие как потери распространения, блокировки и быстрые изменения положения и ориентации оборудования пользователя.

Одной из особенностей 5G, как уже говорилось, является использование миллиметровых волн, которые имеют более высокие потери на пути по сравнению с предыдущими поколениями сетей. Чтобы компенсировать эти потери, требуется увеличение количества антенных элементов как в базовых станциях, так и в устройствах пользователей. Это позволяет реализовать более узкие лучи с высоким коэффициентом усиления при формировании сигнала.

Однако для эффективного использования узких лучей необходимо разработать хорошие алгоритмы выбора пар лучей от базовой станции и от приемника, которые обеспечивают наилучшее выравнивание друг с другом. Поддержание оптимальной настройки становится сложной задачей, особенно когда состояние канала быстро меняется или происходит резкое изменение направления и положения мобильного устройства. Кроме того, с сокращением ширины лучей возникает необходимость в использовании большего количества лучей для покрытия определенной площа-

ди. Это приводит к усложнению процесса поиска и отслеживания наилучшего луча среди большого числа доступных опций.

С помощью машинного обучения можно существенно ускорить процесс формирования луча и поиска оптимальных пар от передатчика к приемнику. Для этого модели машинного обучения, в частности нейронные сети, можно обучить на больших наборах данных для предсказания оптимальных направлений лучей вместо постоянного выбора их в реальном времени за счет математических алгоритмов. Также модели МО способны отслеживать и прогнозировать нелинейные изменения в канале связи, что поможет проводить корректировку для наилучшего соединения.

Прогнозирование информации о состоянии канала связи

Получение точного и своевременного отчета о состоянии канала связи (CSI) является одним из ключевых требований в любых беспроводных сетях. В сетях 5G требуемая периодичность получения отчета варьируется от 40 до 160 мс. Однако за это время состояние канала в сетях 5G может измениться, что сделает отчет CSI устаревшим.

Применение методов МО направлено на решение проблемы устаревания информации, т. е. нивелирование изменений данных между отправкой и получением отчетов CSI. Методы МО могут корректировать данные в отчетах за счет прогнозирования возможных изменений в качестве связи, тем самым делая отчеты CSI наиболее актуальными, что, в свою очередь, приведет к улучшению качества предоставления услуг.

Заключение

Приведенный обзор демонстрирует значимость задач, алгоритмы решения которых включены в международные спецификации как модели машинного обучения.

Опыт разработки таких алгоритмов показывает, что наиболее важным аспектом является подготовка доверенных (верифицированных и безопасных) моделей для обучения, а также создание эффективных алгоритмов обработки и анализа больших данных. Для обучения моделей данные получают из различных источников: показания датчиков, журналы сетевого оборудования, данные мониторинга трафика и других. Такие данные являются слабо детерминированными и, как правило, обладают высокой размерностью, сложной структурой и требуют тщательной проверки полноты.

Комплексное промышленное решение требует учета всех этих факторов еще на этапе разработки, что невозможно сделать, если применяемый инструментарий не позволяет проводить всестороннее моделирование системы уже с интегрированными алгоритмами машинного обучения.

Обзор подобных решений будет представлен в следующем номере журнала.