

К.Д. Новиков, М.В. Раскатова, П. Щёголев

УПРАВЛЕНИЕ QoS С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. Постоянный рост числа интернет-пользователей ведет к возникновению новых требований к пропускной способности сетей связи. Для эффективного управления сетью передачи данных необходимо применять методы маршрутизации, управления трафиком и контроля загруженности. В данной статье рассматривается управление качеством обслуживания (Quality of Service, QoS) и проблемы, связанные с перегрузками в сети. QoS – это технология, которая включает в себя набор механизмов и алгоритмов для обработки различных типов трафика с учетом их приоритетности на сетевых устройствах. Инструменты QoS позволяют эффективно использовать доступные сетевые ресурсы в условиях их ограниченности в современных сетях и удовлетворять повышенным требованиям сервисов и пользователей к сетевым услугам. Также показано применение нейронных сетей в управлении QoS. Нейронные сети представляют большой потенциал для оптимизации работы сетей и повышения качества обслуживания. Они могут быть использованы для прогнозирования и адаптации трафика, определения оптимальных маршрутов и балансировки нагрузки. Однако для полного использования потенциала нейронных сетей в управлении QoS требуются дальнейшие исследования. Необходимо оптимизировать модели нейронных сетей и разработать специализированные алгоритмы обучения, чтобы максимально использовать возможности этого подхода в будущем. Применение нейронных сетей в управлении QoS может значительно улучшить производительность сети и обеспечить более эффективное управление трафиком. Однако чтобы достичь этих целей, необходимо уделить больше внимания исследованиям и развитию этой области.

Ключевые слова: управление QoS, сетевые перегрузки, нейронные сети, методы, алгоритмы, оптимизация работы.

K.D. Novikov, M.V. Raskatova, P. Shchegolev

QoS MANAGEMENT USING NEURAL NETWORKS

Abstract. With the constant growth of the number of Internet users, new requirements arise for the bandwidth of communication networks. To effectively manage the data transmission network, it is necessary to apply routing, traffic management and congestion control methods. In this article, we will look at Quality of Service management (QoS) and the problems associated with congestion in the network. QoS is a technology that includes a set of mechanisms and algorithms for processing various types of traffic, taking into account their priority on network devices. QoS tools allow efficient use of available network resources in conditions of their limitations in modern networks and meet the increased requirements of services and users for network services. In this article, we will also consider the use of neural networks in QoS management. Neural networks represent a great potential for optimizing the operation of networks and improving the quality of service. They can be used to predict and adapt traffic, determine optimal routes and load balancing. However, further research is required to fully exploit the potential of neural networks in QoS management. It is necessary to optimize neural network models and develop specialized learning algorithms in order to maximize the possibilities of this approach in the future. The use of neural networks in QoS management can significantly improve network performance and provide more efficient traffic management. However, in order to achieve these goals, it is necessary to pay more attention to the research and development of this area.

Keywords: QoS management, network congestion, neural networks, methods, algorithms, optimization of work.

Новиков Константин Дмитриевич

аспирант, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва. Сфера научных интересов: .NET core, ASP.NET, Xamarin, сети передачи данных, C#, C++.

Электронный адрес: ultimatedoker@gmail.com

Раскатова Марина Викторовна

кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и естественно-научных дисциплин, Российский новый университет; доцент кафедры вычислительных машин, систем и сетей, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва. Сфера научных интересов: разработка программного обеспечения, информационные системы. Автор 40 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: marina@raskatova.ru

Щёголев Павел

старший преподаватель кафедры вычислительных машин, систем и сетей, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва. Сфера научных интересов: разработка программного обеспечения, языки и методы программирования.

Электронный адрес: ShchegolevsP@mpei.ru

Введение

В современном мире всё больше устройств подключаются к интернету, что приводит к росту сетевых перегрузок. Этот феномен требует постоянного развития технических решений для обеспечения качества обслуживания (QoS) и снижения нагрузки на сеть. Одной из таких инновационных техник является использование нейронных сетей для управления QoS.

Нейронные сети представляют собой математическую модель, которая позволяет компьютеру обучаться на основе опыта и данных. Они способны анализировать информацию из различных источников и принимать соответствующие действия в ответ на заданный стимул. В контексте управления QoS нейронные сети могут быть использованы для автоматического распределения ресурсов, оптимизации потока данных и предсказания возможных перегрузок. Это позволяет повысить эффективность работы сети, минимизировать задержки передачи данных и достичь более высокого уровня обслуживания пользователей [4, с. 294].

Управление QoS и проблемы сетевых перегрузок

Управление качеством обслуживания (QoS) является одной из ключевых задач в сетях передачи данных. Оно отвечает за обеспечение необходимого уровня производительности, доставляемого пользователю. Одной из наиболее распространенных проблем, связанных с QoS, являются сетевые перегрузки.

Сетевая перегрузка возникает, когда объем трафика в сети превышает ее пропускную способность. Это может быть вызвано большим количеством активных пользователей или интенсивным использованием определенных приложений или сервисов. Ситуация также может возникнуть при неправильном конфигурировании маршрутизаторов и коммутаторов.

Проблема сетевой перегрузки заключается в том, что она может вызывать значительное падение производительности сети. Пользователи могут испытывать задержку при по-

лучении данных, потерю пакетов или даже полное отсутствие доступа к определенным сервисам или ресурсам.

Традиционные методы управления QoS, такие как очередь FIFO (First-In-First-Out) или приоритезация на основе классов обслуживания (CoS), могут предоставить некоторую степень контроля над трафиком в сети. Однако они не всегда эффективны в условиях высокой загруженности и динамически изменяющегося трафика.

В последние годы всё больше внимания уделяется применению нейронных сетей для управления QoS и снижения сетевых перегрузок. Нейронные сети – это компьютерные модели, которые имитируют работу человеческого мозга. Они способны обучаться на основе опыта и анализировать сложные данные, что делает их подходящим инструментом для решения проблем QoS.

Одной из самых распространенных задач, которую можно решить с помощью нейронных сетей, является прогнозирование трафика в сети. На основе данных о предыдущих потоках трафика и других факторах, таких как время суток или тип приложений, нейронная сеть может предсказать будущий объем трафика и адаптировать работу системы соответствующим образом [2, с. 126].

Этот подход позволяет улучшить эффективность использования ресурсов сети и предотвратить возникновение перегрузки. Нейронная сеть может автоматически регулировать пропускную способность каналов или приоритезировать определенные типы трафика, чтобы обеспечить необходимое качество обслуживания.

Другим подходом, который можно использовать для управления QoS с помощью нейронных сетей, является адаптивное маршрутизирование. Вместо того чтобы выбирать наиболее короткий путь до назначения, нейронная сеть может анализировать текущую загрузку различных маршрутов и выбирать наиболее свободный для передачи данных. Это позволяет избежать перегрузки в отдельных частях сети и более равномерно распределить трафик.

Однако следует отметить, что применение нейронных сетей в управлении QoS также имеет свои ограничения. Прежде всего требуется большой объем данных для обучения нейронной сети и достаточно высокая вычислительная мощность для ее работы. Кроме того, сложность конфигурирования и настройки нейронных сетей может быть высокой, особенно для масштабных сетевых инфраструктур.

Обзор нейронных сетей и их применение в управлении QoS

В последние годы наблюдается значительный рост использования нейронных сетей в различных областях, связанных с анализом данных. Одной из таких областей является управление QoS (Quality of Service) – снижение сетевых перегрузок. Нейронные сети предлагают эффективный способ оптимизации потоков данных в компьютерных сетях для достижения требуемого качества обслуживания.

Существует три категории инструментов качества обслуживания (см. Таблицу):

- для классификации и маркировки;
- предотвращения заторов;
- управления заторами.

Основное преимущество использования нейронных сетей в управлении QoS заключается в их способности к самообучению. Нейросетевые алгоритмы способны обнаруживать закономерности и особенности в данных сами без необходимости предварительного программирования. Это позволяет им адаптироваться к изменяющимся условиям сети и эффективно управлять QoS.

Существует два основных вида нейронных сетей: сеть прямого распространения и рекуррентные сети с обратной связью.

К сетям прямого распространения относятся (см. Рисунок):

- однослойный перцептрон;
- многослойный перцептрон;
- сеть радиальных базисных функций.

К рекуррентным сетям относятся (см. Рисунок):

- соревновательные;
- модели ART, SOM;
- сеть Хопфилда.

Таблица

Категории инструментов качества обслуживания

Инструменты QoS	Описание
Инструменты для классификации и маркировки	Сеансы или потоки непосредственно анализируются на принадлежность к определенному классу трафика. При определении класса трафика пакеты помечены
Инструменты для предотвращения заторов	Классам трафика выделяются фрагменты сетевых ресурсов в соответствии с политикой качества обслуживания. Политика качества обслуживания непосредственно определяет порядок удаления, задержки или перемаркировки некоторого трафика для предотвращения заторов. Основным инструментом предотвращения перегрузки является WRED, он используется для регулировки трафика данных TCP с целью оптимизации пропускной способности и предотвращения отбрасываний последнего элемента из-за переполнения очереди
Инструменты для управления заторами	Когда объем трафика превышает доступные сетевые ресурсы, трафик ставится в очередь ожидания доступных ресурсов. Для управления заторами в Cisco IOS обычно используются алгоритмы CBWFQ и LLQ

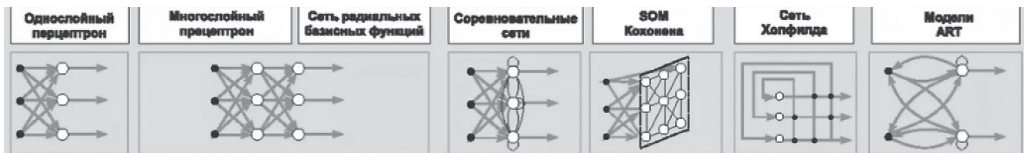


Рисунок. Графическое изображение видов нейронных сетей

Одним из наиболее распространенных видов нейронных сетей, используемых для управления QoS, является рекуррентная нейронная сеть (RNN). RNN состоит из одной или нескольких рекуррентных связей, что позволяет ей сохранять информацию о предыдущих состояниях и использовать ее при принятии решений. Это особенно полезно в контексте управления потоком данных в сети, где каждый пакет может быть зависим от предшествующих пакетов [2; 5].

Другой распространенный тип нейронной сети для управления QoS – это сверточная нейронная сеть (CNN). CNN была разработана специально для работы с данными, имеющими структуру пространственного распределения. В контексте управления QoS этот

тип нейросетевого подхода может использоваться для анализа загрузки трафика и определения приоритизации различных потоков данных.

Помимо RNN и CNN существуют и другие типы нейронных сетей, которые могут быть применены к управлению QoS, например: глубокие нейронные сети (DNN), рекурсивные нейронные сети (RecNN) и многослойные перцептроны (MLP). Каждый из этих подходов имеет свои особенности и может быть настроен для выполнения конкретной задачи управления потоками данных в компьютерной сети.

Использование нейросетевых моделей для управления QoS позволяет автоматизировать процесс определения приоритизации данных в компьютерной сети. Например, можно обучить нейросеть определять наличие или отсутствие перегрузки в данном потоке данных и автоматически принимать соответствующие меры по его управлению [4, с. 295].

Кроме того, использование нейросетевых алгоритмов позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям сети. Если скорость передачи данных или количество активных пользователей изменяется со временем, то модель самостоятельно корректируется для достижения требуемого качества обслуживания.

Нейронные сети также могут быть использованы для оптимизации QoS на основе предварительно собранной статистической информации. Например, можно обучить нейросеть анализировать исторические данные о потоке трафика в компьютерной сети и подобрать оптимальные параметры управления для достижения требуемого уровня сервиса.

Однако необходимо отметить, что применение нейронных сетей в управлении QoS также имеет свои ограничения. Во-первых, требуется большое количество данных для обучения нейросетевой модели. Это бывает сложно достичь в реальных условиях работы компьютерной сети, особенно при возникновении новых типов трафика или изменении его характеристик. Во-вторых, различные типы данных требуют разных моделей и методов обучения. Правильный выбор алгоритма и параметров модели может значительно повлиять на эффективность управления QoS.

Методы и алгоритмы нейронных сетей для снижения сетевых перегрузок

В настоящее время сетевые перегрузки являются одной из основных проблем в области сетевого управления. Управление качеством обслуживания (Quality of Service, QoS) играет важную роль в обеспечении высокой производительности и надежности сети. Однако традиционные методы управления QoS не всегда способны эффективно бороться с возникающими перегрузками и гарантировать достаточное качество передачи данных.

Нейронные сети представляют собой мощный инструмент для моделирования сложных систем и анализа больших объемов данных. В контексте управления QoS нейронные сети могут быть использованы для определения оптимального распределения ресурсов и принятия решений по приоритизации трафика.

Существуют различные методы и алгоритмы нейронных сетей, которые можно применить для управления QoS и снижения сетевых перегрузок.

1. Многослойные перцептроны (Multilayer Perceptrons, MLP). Являются наиболее распространенной формой нейронных сетей. Состоят из нескольких слоев нейронов, где каждый нейрон получает входные данные из предыдущего слоя и вычисляет свое значение активации. MLP можно использовать для обучения моделей управления QoS путем анализа и прогнозирования потоков трафика и определения оптимального распределения ресурсов.

2. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks, RNN). Имеют циклическую структуру и способны запоминать информацию о предыдущих состояниях, что

делает их особенно подходящими для анализа последовательных данных, таких как временные ряды трафика в компьютерных сетях. Могут быть использованы для прогнозирования будущего трафика и адаптивного управления QoS в режиме реального времени.

3. Глубокие нейронные сети (Deep Neural Networks, DNN). Форма многослойных перцептронов, содержат множество слоев и большое количество нейронов. Обладают высокой гибкостью и способностью извлекать сложные зависимости в данных. Могут быть использованы для создания моделей управления QoS с высокой точностью предсказания и эффективным распределением ресурсов.

4. Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN). Широко используются для анализа изображений, также могут быть применены к анализу временных рядов трафика в компьютерных сетях. Позволяют автоматически выделять характеристики или признаки в данных для определения оптимального распределения ресурсов для управления QoS.

5. Гибридные методы. Некоторые исследования предлагают гибридные методы, объединяющие различные типы нейронных сетей, для более точного управления QoS и борьбы с сетевыми перегрузками. Например, можно комбинировать MLP и RNN для анализа как статических, так и динамических характеристик трафика [5, с. 64].

Выбор конкретного метода и алгоритма нейронных сетей для управления QoS зависит от многих факторов, включая тип данных, требуемую точность предсказания и доступные ресурсы. Однако все эти методы имеют общую цель – повышение эффективности сетевого управления и обеспечение высокого качества передачи данных при минимальных перегрузках сети.

Перспективы развития управления QoS с использованием нейронных сетей

Основная цель управления QoS – обеспечить оптимальное распределение ресурсов в сети, чтобы гарантировать доставку данных соответствующих приоритетов в соответствии с требованиями конкретных приложений. Традиционные методы управления QoS основываются на аналитических моделях и эвристиках, однако они не всегда способны адекватно реагировать на изменчивость трафика и динамические условия работы сети.

Нейронные сети представляют собой компьютерные модели, инспирированные работой человеческого мозга. Они состоят из большого количества связанных между собой элементарных вычислительных блоков – нейронов. Нейросети могут обучаться на основе большого объема данных и создавать сложные нелинейные модели, которые способны предсказывать будущие значения или принимать решения. В контексте управления QoS нейронная сеть может использоваться для анализа трафика в режиме реального времени и определения оптимальных стратегий управления.

Одним из главных преимуществ использования нейронных сетей для управления QoS является их способность к адаптации к изменяющемуся окружению. Например, если в сети возникают перегрузки, то нейросеть может автоматически перераспределить ресурсы таким образом, чтобы минимизировать потери пакетов и задержку доставки. Кроме того, нейросеть может самостоятельно обучаться на новых данных, что позволяет ей постепенно улучшать свою производительность.

Однако следует отметить, что применение нейронных сетей для управления QoS также имеет свои ограничения. Во-первых, требуется достаточное количество данных для успешного обучения модели. Это может быть вызовом в случаях ограниченной доступности данных или при работе с новыми типами трафика. Во-вторых, нейросети могут быть

сложными в настройке и требовать значительных вычислительных ресурсов для своего функционирования.

Необходимо также проводить дальнейшие исследования для оптимизации параметров моделей нейронных сетей и разработки специализированных алгоритмов обучения. Это позволит создавать более эффективные и точные модели для управления QoS. Кроме того, следует учитывать особенности каждой конкретной сети при выборе архитектуры нейронной сети и метода ее обучения.

Заключение

Несмотря на ограничения и дальнейшую необходимость в разработке, использование нейронных сетей для управления QoS представляется перспективным направлением развития. Они позволяют достичь более высокого качества обслуживания за счет автоматической оптимизации распределения ресурсов в режиме реального времени. Такой подход может быть особенно полезным в условиях интенсивной загрузки сетевых ресурсов или в случаях работы со сложными и динамическими видами трафика.

Использование нейронных сетей для управления QoS представляет большой потенциал в оптимизации работы сетей и повышении качества обслуживания. Их способность к адаптации и автоматическому обучению делает их привлекательным инструментом для решения сложных задач управления QoS. Однако требуется проведение дальнейших исследований для оптимизации моделей нейронных сетей и разработки специализированных алгоритмов обучения, что позволит максимально использовать возможности этого подхода в будущем.

Литература

1. Андросова Е.Е. Применение рекурсивных рекуррентных нейронных сетей // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2021. № 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-rekursivnyh-rekurrentnyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 19.08.2023).
2. Аламир Хайдер Сагбан Хуссейн, Заргарян Елена Валерьевна, Заргарян Юрий Артурович. Модель прогнозирования транспортного потока на основе нейронных сетей для предсказания трафика на дорогах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2021. № 6 (223). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-prognozirovaniya-transportnogo-potoka-na-osnove-neyronnyh-setey-dlya-predskazaniya-trafika-na-dorogah> (дата обращения: 19.08.2023).
3. Пойманова Е.Д., Татарникова Т.М., Краева Е.В. Модель управления хранением трафика данных // Приборостроение. 2021. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-upravleniya-hraneniem-trafika-dannyh> (дата обращения: 19.08.2023).
4. Хрищатый А.С. Исследование использования нейросетей для анализа данных и принятия бизнес-решений: анализ эффективности использования нейросетей для обработки больших объемов данных и предоставления ценных инсайтов для принятия решений // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ispolzovaniya-neyrosetej-dlya-analiza-dannyh-i-prinyatiya-biznes-resheniy-analiz-effektivnosti-ispolzovaniya> (дата обращения: 19.08.2023).
5. Чупакова А.О., Гудин С.В., Хабибулин Р.Ш. Разработка и обучение модели искусственной нейронной сети для создания систем поддержки принятия решений // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-obuchenie-modeli-iskusstvennoy-neyronnoy-seti-dlya-sozdaniya-sistem-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 19.08.2023).

Literature

1. Androsova E.E. (2021) [Application of recursive recurrent neural networks]. *Novye informacionnye tehnologii v avtomatizirovannyh sistemah*, 2021, No. 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prime-nenie-rekursivnyh-rekurrentnyh-neyronnyh-setey> (accessed: 08.19.2023) (in Russian).
2. Alamir Haider Sagban Hussein, Zargaryan Elena Valeryevna, Zargaryan Yuri Arturovich (2021) [Traffic flow prediction model based on neural networks for predicting traffic on the roads]. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki*, 2021, No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-prognozirovaniya-transportnogo-potoka-na-osnove-neyronnyh-setey-dlya-predskazaniya-trafika-na-dorogah> (accessed: 08/19/2023) (in Russian).
3. Poymanova E.D., Tatarnikova T.M., Kraeva E.V. (2021) [Data traffic storage management model]. *Priborostroenie*, 2021, No. 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-upravleniya-hraneniem-trafika-dannyh> (accessed: 08.19.2023) (in Russian).
4. Hrishchaty A.S. (2023) [Research on the use of neural networks for data analysis and business decision making: analysis of the effectiveness of the use of neural networks for processing large amounts of data and providing valuable insights for decision making]. *Innovacii i investicii*, 2023, No. 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ispolzovaniya-neyrosetey-dlya-analiza-dannyh-i-prinyatiya-biznes-resheniy-analiz-effektivnosti-ispolzovaniya> (accessed: 08.19.2023) (in Russian).
5. Chupakova A.O., Gudin S.V., Khabibulin R.Sh. (2020) [Development and training of an artificial neural network model for creating decision support systems]. *Vestnik AGTU. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika*, 2020, No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-obuchenie-modeli-iskusstvennoy-neyronnoy-seti-dlya-sozdaniya-sistem-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (accessed: 08.19.2023) (in Russian).