

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DATA TRANSMISSION IN DISTANCE LEARNING SYSTEMS

**Al Hakim Rida
E. Kovaleva**

Summary. In the modern educational context, where distance learning is becoming an integral part of the educational process, the effectiveness of data transmission plays a crucial role in providing quality education. This article is devoted to the development of algorithms aimed at improving the efficiency of data transmission in distance learning systems. This introduction substantiates the relevance of research in this area, formulates the goals and objectives of this chapter, and provides a brief description of the plan of its structure.

With the growing number of students using distance learning resources, the question arises about the effectiveness of data transmission in distance learning networks. Existing challenges include the need to ensure stable access to educational materials, minimize delays, and ensure high-quality learning.

This article is devoted to the development of algorithms aimed at improving the efficiency of data transmission in distance learning systems. The study covers three main approaches: quality of service (QoS) management in software-configurable networks (SDN), QoS management in traditional networks, and the development of an algorithm for teaching in conditions of limited Internet connection or inability to manage the network.

Keywords: distance learning, quality of service, multimedia, network protocols, shortest path algorithms, SDN network.

Аль Хаким Рида

*Аспирант, Российский университет дружбы народов,
Al_khakim_r@pfur.ru*

Ковалева Екатерина Александровна

*Кандидат экономических наук, доцент,
Российский университет дружбы народов
kovaleva_ea@pfur.ru*

Аннотация. В современном образовательном контексте, где дистанционное обучение становится неотъемлемой частью образовательного процесса, эффективность передачи данных играет решающую роль в обеспечении качественного обучения. Данная статья посвящена разработке алгоритмов, направленных на повышение эффективности передачи данных в системах дистанционного обучения.

С ростом числа обучающихся, использующих дистанционные образовательные ресурсы, встает вопрос об эффективности передачи данных в сетях дистанционного обучения. Существующие вызовы включают в себя необходимость обеспечения стабильного доступа к образовательным материалам, минимизацию задержек и обеспечение высокого качества обучения.

Данная статья посвящена разработке алгоритмов, направленных на повышение эффективности передачи данных в системах дистанционного обучения. Исследование охватывает три основных подхода: управление качеством обслуживания (QoS) в программно-конфигурируемых сетях (SDN), управление QoS в традиционных сетях и разработка алгоритма преподавания в условиях ограниченного интернет-соединения или невозможности управления сетью.

Ключевые слова: дистанционное обучение, качество обслуживания, мультимедиа, сетевые протоколы, алгоритмы кратчайшего пути, сеть SDN.

Введение

В эпоху всё более распространённого онлайн-обучения качество дистанционного обучения становится приоритетным вопросом. В данной главе рассматривается ключевая роль управления качеством обслуживания (QoS) в обеспечении эффективной и бесперебойной образовательной среды на расстоянии.

Дистанционное обучение, характеризующееся зависимостью от цифровой инфраструктуры [1, с. 480] и технологий удалённого взаимодействия, представляет уникальные вызовы, связанные с сетевой перегрузкой, задержками, ограниченной пропускной способностью и непрерывной передачей образовательного контента. QoS возникает как критический фактор успеха онлайн-образования, влияя на аспекты, начиная от стриминга

видео в режиме реального времени и интерактивных классов до доставки контента.

Благодаря электронному обучению учащиеся могут получить доступ к ресурсам и информации из любого места и в любое время. Однако успешное внедрение электронного обучения зависит от готовности к запуску этой системы, поскольку без надлежащей готовности проект, вероятно, провалится [2, с. 158]. Готовность к электронному обучению относится к оценке того, насколько учебное заведение готово принять и внедрить электронное обучение.

Сначала, для правильного понимания цели данной работы, надо разобраться со следующими терминами: Качество обслуживания (англ. Quality of Service или QoS) и Качество Опыта (англ. Quality of Experience или QoE).

Инструменты онлайн-обучения широко используются в любом виде образовании, это включает в себя традиционное очное, а также дистанционное обучение. Поскольку эти инструменты зависят от подключения к Интернету, производительность этих подключений (скорость, задержка) может повлиять на то, как учащиеся воспринимают инструменты обучения. Качество обслуживания (QoS) описывает технические параметры производительности, которые отражают качество интернет-соединения. С другой стороны, качество опыта (QoE) широко используется для описания того, как пользователи воспринимают ту или иную услугу [3, с. 4]. В контексте данной работы пользователями являются учащиеся, выполняющие учебные задания. Эти два важных аспекта, связанных с качеством обслуживания в сетях и информационных системах, но они фокусируются на разных аспектах и оценивают качество с разных точек зрения.

1. Качество обслуживания и качество опыта

Quality of Service (QoS — Качество Обслуживания):

QoS представляет собой совокупность технологий и механизмов, которые используются для управления и гарантирования качества сетевого обслуживания. Основная цель QoS — предоставление определенных параметров сетевого трафика, таких как задержка (delay), задержка разброса (jitter), пропускная способность (bandwidth), и потеря пакетов (packet loss). Он фокусируется на технических аспектах сетевого обслуживания, таких как буферизация, приоритеты, ограничение пропускной способности и т. д. QoS часто используется в сетях для обеспечения передачи данных согласно заранее установленным стандартам и требованиям [4, с. 1229].

Quality of Experience (QoE — Качество Опыта):

QoE оценивает качество обслуживания с точки зрения конечного пользователя или клиента. Он учитывает

восприятие пользователя и его удовлетворение от использования приложений, услуг или сетей. QoE оценивает такие аспекты, как ясность звука в голосовых вызовах, четкость изображения в видеопотоке, отзывчивость веб-приложений и т. д. Оценка QoE часто проводится с использованием опросов пользователей, метрик восприятия и психофизиологических показателей.

Важно отметить, что QoS и QoE взаимосвязаны, но они не всегда совпадают. Высокое QoS может способствовать улучшению QoE, но это не гарантировано. Например, даже если сеть обеспечивает высокий QoS, пользователь все равно может иметь негативный опыт из-за других факторов, таких как неудовлетворительный дизайн приложения или проблемы с интерфейсом.

В общем, QoS ориентирован на технические аспекты сетевого обслуживания, тогда как QoE фокусируется на восприятии и удовлетворении конечных пользователей, и оба аспекта играют важную роль в обеспечении качества обслуживания в современных сетях и приложениях.

На рисунке 1 показано, как взаимосвязаны QoS и QoE. Как видите, слева — подготовка контента посредством кодирования и упаковки. Затем файлы передаются в инфраструктуру доставки для распространения, что измеряет качество обслуживания. Поступив на место просмотра, видео декодируется и просматривается на проигрывателе. Как показано на рисунке, QoE включает в себя полную сквозную работу, а QoS — это часть распределения, которая находится посередине.

В современном мире образования системы дистанционного обучения играют ключевую роль в обеспечении доступности и эффективности образовательных программ. Однако их успешная реализация и удовлетворительное обучение требуют учета нескольких важных аспектов, которые составляют основу данной системы. В данной работе мы сосредотачиваемся на трех главных

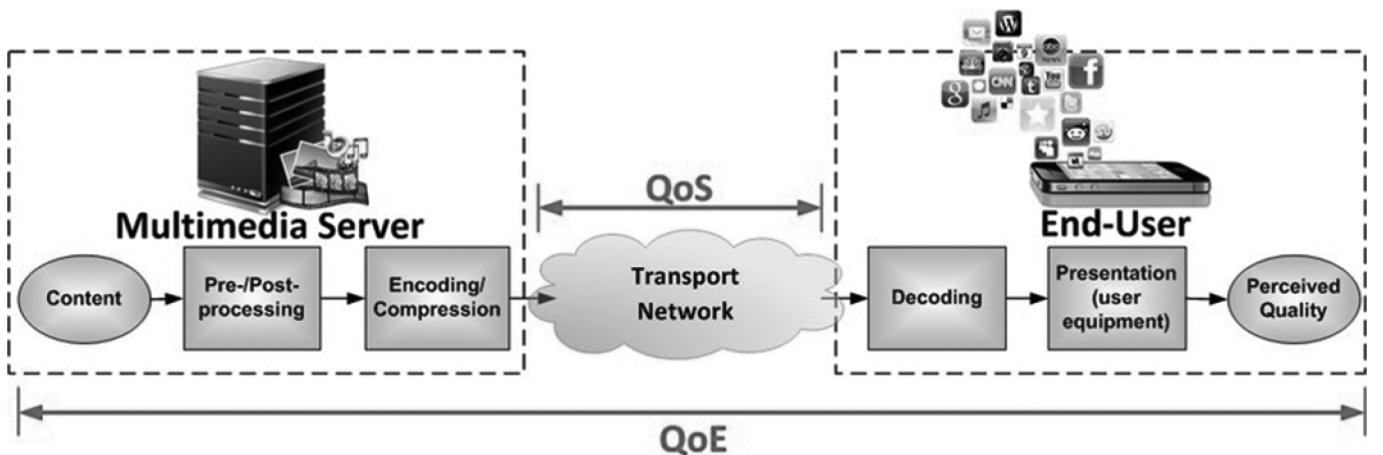


Рис. 1. Как взаимосвязаны QoE и QoS

факторах, которые определяют успех системы дистанционного обучения: человеческом факторе, техническом факторе и факторе взаимодействия между ними.

Человеческий фактор: Человеческий фактор олицетворяет роль преподавателей и студентов в контексте дистанционного обучения. Преподаватели должны обладать не только глубокими педагогическими знаниями, но и уметь эффективно использовать технические инструменты. Студенты, в свою очередь, должны быть активно вовлечены и готовы к самостоятельному обучению.

Технический фактор: Технический фактор включает в себя аппаратные и программные средства, а также сетевую инфраструктуру, необходимые для функционирования системы дистанционного обучения. От надежности и эффективности технических решений зависит качество обучения и удовлетворение пользователей.

Фактор взаимодействия: Фактор взаимодействия отражает сущность дистанционного обучения как среды, где важна коммуникация и взаимодействие между всеми участниками. Эффективное обучение требует активного обмена информацией, поддержки и коллаборации между преподавателями и студентами.

Отсутствие одного из этих факторов может привести к нарушению работы системы дистанционного обучения и ухудшению качества обучения. В дальнейшем мы подробно рассмотрим каждый из этих аспектов и их взаимосвязь, а также рассмотрим современные подходы и решения, направленные на оптимизацию каждого фактора в системах дистанционного обучения.

Простыми словами, человеческим фактором являются люди, которые задействованы в этой системе, то есть преподаватели, которые ведут лекции и семинары через эту систему, студенты, которые получают знание и выполняют задания, и сотрудники технической поддержки, которые обеспечивают правильную работу данной системы и готовы действовать при возникновении каких-либо проблем. Человеческий фактор также нужен для оценки работоспособности любого сервиса или товара, отзывы пользователей считаются самым надежным способом оценивать качества предлагаемого сервиса, в нашем случае пользователями являются студенты и преподаватели, которые общаются и взаимодействуют через систему дистанционного обучения, так что человеческий фактор считается основной разницей между QoS и QoE.

Второй не менее важный фактор в системе дистанционного обучения является техническим, на который определено наиболее особое внимание в данной диссертации, насколько он является средой, через которую

весь этот процесс происходит, в основном эта среда является компьютерной сетью, в качестве которой очень много параметров влияют, такие как качество обслуживания, качество опыта, приоритеты, очереди и т.п., выполняя которых можем обеспечивать гарантированную качественную передачу данных между сетевыми устройствами для улучшения процесса дистанционного обучения.

Фактор взаимодействия, в свою очередь, представляется алгоритмами взаимодействия как между вышеуказанными факторами, так и между компонентами каждого из них, то есть он определяет три вида взаимосвязи: человеческий-человеческий, это алгоритмы взаимосвязей между преподавателями, студентами и сотрудниками университета для обеспечения эффективного дистанционного обучения, человеческий-технический, это лучшие способы использования технических устройств и программ для достижения максимальной пользы от использования имущества данных технологий в дистанционном обучении, ну и технический-технический, это алгоритмы управления сетью, передачей данных и качеством обслуживания, о которых подробно и поговорим в данной главе.

Как мы видим, эти факторы сильно взаимосвязанные между собой, поэтому, и для максимальной эффективности процесса дистанционного обучения, надо их хорошо понимать, чтобы находить способы повышения их производительности.

2. Управление передачей данных для дистанционного обучения

Как мы упомянули раньше, обеспечение эффективной передачи данных в системах дистанционного обучения является ключевым аспектом, влияющим на качество образовательного процесса. Данный раздел посвящён разработке алгоритмов, направленных на повышение эффективности передачи данных, и представлен в двух частях. Первая часть фокусируется на использовании программно-конфигурируемых сетей (SDN), предоставляя удобное средство для реализации сложных алгоритмов благодаря централизованному управлению и программной настройке сетевых устройств. Вторая часть ориентирована на применение алгоритмов в традиционных сетях, которые остаются популярными в контексте менее сложных сценариев.

Выбор между традиционными и SDN-сетями зависит от конкретных потребностей организации и ее стратегии развития сетевой инфраструктуры для обеспечения высокого качества обслуживания, поэтому, и для лучшего понимания качества обслуживания в каждом из данных архитектур, проведено небольшое сравнение между ними [5]:

Традиционные Сети:

В плюсах можно выделить следующее:

- **Надежность:** Традиционные сети характеризуются высокой стабильностью и проверенными технологиями, что обеспечивает надежную передачу данных.
- **Простота Управления:** Управление и настройка сетевых устройств часто являются более простыми в традиционных сетях, что делает их более доступными для некоторых организаций.
- **Низкая Цена:** зачастую, внедрение и обслуживание традиционных сетей может быть более дешевым в сравнении с более новыми технологиями.

Минусы:

- **Ограниченная Гибкость:** традиционные сети могут быть менее гибкими при адаптации к изменяющимся требованиям, особенно в условиях динамичных образовательных сред.
- **Сложность Масштабирования:** при увеличении масштаба сети может возникнуть сложность в масштабировании и поддержании требуемой производительности.

Программно-Конфигурируемые Сети (SDN):

Программно-конфигурируемая сеть (SDN), развивающаяся парадигма в сети, выступает за разделение уровня данных и уровня управления, отделение логики управления сетью от базовых маршрутизаторов и коммутаторов, оставляя логически централизованную программу для управления поведением всей сети [6].

Плюсы выполнения качества обслуживания в данном виде сетей включают в себя следующее:

- **Гибкость и Программируемость:** SDN предоставляют централизованный контроль, что обеспечивает высокую гибкость и возможность программной настройки сети под конкретные потребности.
- **Динамичное Управление Трафиком:** В SDN легко реализовать алгоритмы управления трафиком,

что обеспечивает динамичное реагирование на изменения в сети.

- **Упрощенное Масштабирование:** Добавление и масштабирование ресурсов в SDN может быть более простым и эффективным.

Минусы:

- **Сложность Внедрения:** Внедрение и переход на SDN могут потребовать значительных инвестиций и изменений в сетевой инфраструктуре.
- **Возможные Проблемы Безопасности:** Централизованный контроль может создать точку уязвимости, требующую дополнительных мер безопасности.

Итоговый сравнительный анализ:

- **Гибкость и Управление:** SDN выигрывают в области гибкости и программируемости, что особенно важно при динамичных образовательных процессах.
- **Простота и Надежность:** Традиционные сети обычно проще во внедрении и остаются надежными, но менее гибкими.
- **Масштабируемость:** SDN предоставляют более простые решения для масштабирования при увеличении требований к сети.

В итоге выбор между традиционными и SDN зависит от конкретных потребностей и требований организации, осуществляющей дистанционное обучение, поэтому мы решили внедрять более сложных алгоритмов в SDN сетях, и более стандартные решения выполнили с помощью традиционных сетей.

Архитектурное различие между традиционной сетью и SDN очень хорошо представлено на следующей рисунке (Рис. 2) [7], там ясно показано, как управление (логически) централизованно регулируется, а уровень данных упрощается до простых элементов пересылки. Программируемые коммутаторы уровня данных могут быть реализованы аппаратно или программно, если они

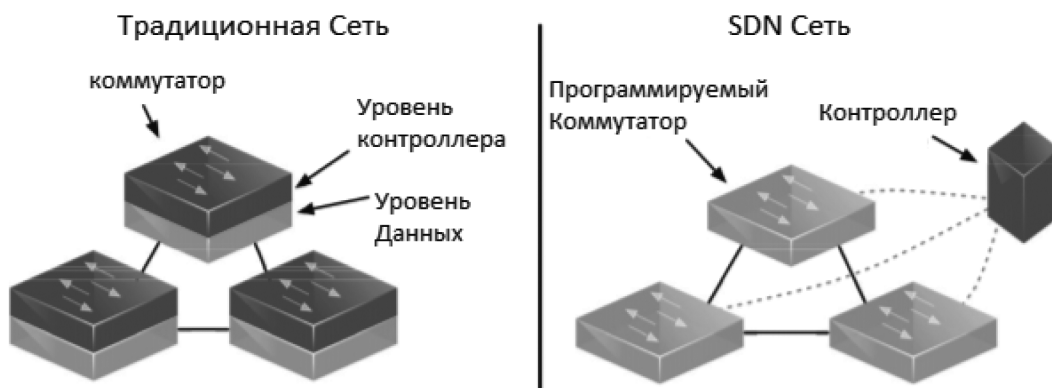


Рис. 2. Различие между традиционной сетью и SDN

поддерживают протокол OpenFlow для связи и настройки с контроллером.

3. Алгоритм управления качеством обслуживания в программно-конфигурируемых сетях

Системы передачи данных и коммуникации в современных компьютерных сетях требуют эффективно-го управления маршрутизацией для обеспечения оптимальной производительности. Одним из ключевых аспектов в этом контексте является выбор алгоритма поиска кратчайшего пути, который определяет оптимальные маршруты для передачи данных от отправителя к получателю, и который для нас будет основная база, на которой будет происходить модернизация и будут добавлены наши условия оптимизации.

Программно-конфигурируемая сеть (SDN), развивающаяся парадигма в сети, выступает за разделение уровня данных и уровня управления, отделение логики управления сетью от базовых маршрутизаторов и коммутаторов, оставляя логически централизованную программу для управления поведением всей сети [8, с. 20].

В математическом аппарате теории графов существует несколько алгоритмов, позволяющих строить минимальные пути во взвешенном ориентированном графе. Основными такими алгоритмами являются [9]: 1) Алгоритм Дейкстры. 2) Алгоритм Беллмана–Форда. 3) Алгоритм Флойда–Уоллешелла. Сравнивая и анализируя алгоритмы кратчайшего пути, мы видим, что алгоритм Дейкстры со сложностью $O(n \log n + m)$ менее сложен, чем Беллмана–Форда $O(nm)$ и Флойда–Уоршелла $O(n^3)$, поэтому он был выбран для дальнейшей работы.

При маршрутизации потоков в сети следует учитывать пропускную способность каналов между узлами сети. Это накладывает свои требования на поиск кратчайшего пути. В данной работе на базе алгоритма Дейкстры разработан новый алгоритм, позволяющий определить кратчайший путь при условии соблюдения достаточной пропускной способности каналов.

Ниже приведены подробные шаги, используемые в нашем алгоритме для нахождения кратчайшего пути имеющий достаточную полосу пропускания от одной исходной вершины ко всем остальным вершинам данного графа.

1. Всем вершинам, за исключением первой, присваивается вес равный бесконечности, а первой вершине — 0;
2. Все вершины не выделены;
3. Первая вершина объявляется текущей;
4. Вес всех невыделенных вершин пересчитывается по формуле: вес невыделенной вершины есть минимальное число из старого веса данной вершины;

5. Суммы веса текущей вершины и веса ребра, соединяющего текущую вершину с невыделенной;
6. Среди невыделенных вершин ищется вершина с минимальным весом. Если таковая не найдена, то есть вес всех вершин равен бесконечности, то маршрут не существует. Следовательно, выход. Иначе, проверяется путь к этой вершине, достаточная ли в него полоса пропускная, если да, то текущей становится найденная вершина. Она же выделяется;
7. Если текущей вершиной оказывается конечная, то путь найден, и его вес есть вес конечной вершины;
8. Переход на шаг 4.

пока наш алгоритм направлен на пакеты, чувствительные к пропускной способности, мы добавим новый параметр и новое условие в основной алгоритм Дейкстры, который будет пропускной способностью, он не добавит никакой сложности к основному алгоритму, но будет сильно влиять и оптимизировать целевые потоки (чувствительные к пропускной способности).

Для эффективной передачи мультимедийного трафика при маршрутизации потоков в сети следует учитывать пропускную способность каналов между узлами. Это накладывает свои требования на поиск кратчайшего пути. В данном исследовании на основе алгоритма Дейкстры разработан новый алгоритм, позволяющий определить кратчайший путь при условии соблюдения достаточной пропускной способности каналов. На рисунке 3 приведена схема алгоритма разработанного алгоритма.

Когда

S: Текущий узел;

N: Соседний узел;

D: Длина связи;

P: Предыдущий узел;

bw: Текущая полоса пропускания;

MinBW: Минимальная удовлетворительная полоса пропускания.

Для каждого соседа N вершины S, кроме отмеченных как посещенные, рассмотрим новую длину пути, равную сумме значений текущей метки S и длины ребра D, соединяющего S с этим соседом. Если полученное значение длины меньше значения метки соседа, проверим полосу пропускания D (bw), если bw больше или равна минимально допустимой полосе пропускания (minBW), ребра D заменим значение метки полученным значением длины ($N=S+D$), и предыдущим пунктом N становится S, то есть ($N.P=S$). Рассмотрев всех соседей, пометим вершину S как посещенную и повторим шаг алгоритма.

Этот алгоритм отличается от Дейкстры, потому что он учитывает пропускную способность маршрутов, он не дает просто кратчайший путь, но он дает кратчайший путь с достаточной пропускной способностью, которая

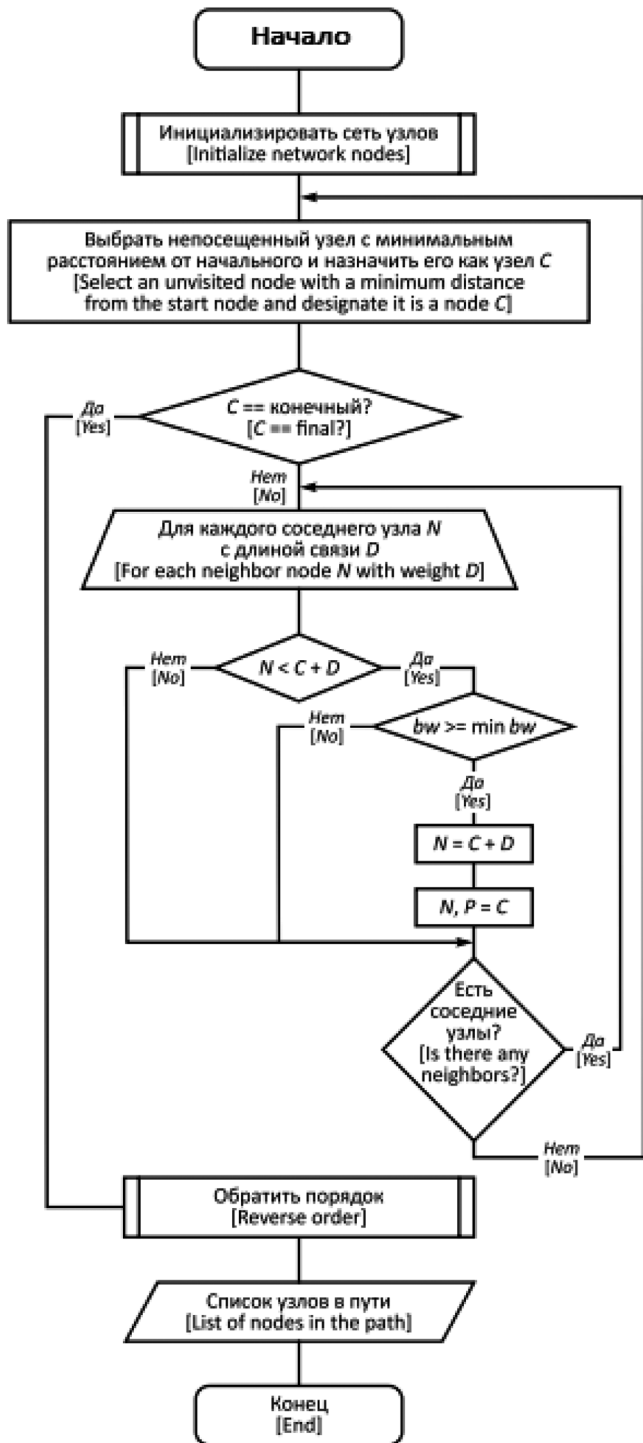


Рис. 3. Блок схема разработанного алгоритма

является оптимальной для потоков, чувствительных к пропускной способности. Таким образом модифицированный алгоритм Дейкстры дает возможность создавать трафик с минимальной задержкой при обеспечении заданной пропускной способности.

На следующем рисунке (Рис. 4) показано влияние нашего алгоритма на передачу данных критических и некритических потоков.

Как видно из графика, полоса пропускания критических потоков выше приемлемого значения, (Поток 3 = 8670 кб/с, Поток 4=9153 кб/с, Поток 8 = 8809 кб/с, Поток 10=8323 кб/с, поток 13=8113 кб/с) то есть (сред = 8614 кб/с).

И среднее полосы пропускания некритических потоков тоже неплохо выглядит, это значит, что влияние критических потоков на обычные стало намного меньше с нашим алгоритмом, чем с использованием Diffserv.

4. Алгоритмы управления качеством обслуживания в традиционных сетях

В настоящее время дистанционное обучение становится все более популярным и востребованным благодаря своей удобности, гибкости и доступности. Однако для эффективного дистанционного обучения необходима надежная и высокопроизводительная сетевая инфраструктура, способная обеспечить качество обслуживания (QoS) для всех участников обучения. В этом контексте важно изучить и сравнить различные алгоритмы управления QoS, доступные в традиционных сетях, для определения, наиболее подходящего для дистанционного обучения.

Цель данного раздела состоит в том, чтобы подробно рассмотреть основные алгоритмы управления QoS, такие как «Первым пришел, первым ушел» FIFO (First In, First Out), «Очередь с приоритетами» PQ (Priority Queue), «Пользовательская очередь» CQ (Custom Queue), «Справедливая очередь» FQ (Fair Queueing) и «Справедливая очередь с весовыми коэффициентами» WFQ (Weighted Fair Queueing), и сравнить их характеристики, преимущества и недостатки. В результате сравнительного анализа будет определено, какой из этих алгоритмов более подходит для обеспечения качественного дистанционного обучения.

Дополнительно, мы рассмотрим научные работы, посвященные внедрению и использованию данных алгоритмов в сетевых средах, а также проведем анализ их эффективности и применимости для обеспечения высококачественного дистанционного обучения. Результаты нашего исследования могут быть важным вкладом в развитие современных образовательных технологий и помочь определить оптимальные стратегии управления качеством обслуживания в дистанционных образовательных средах.

— FIFO (First In, First Out) — это один из основных алгоритмов управления очередью в компьютерных сетях. Принцип его работы заключается в том, что пакеты данных обрабатываются и передаются в порядке их поступления: первым пришел, первым ушел. Другими словами, пакеты обрабаты-

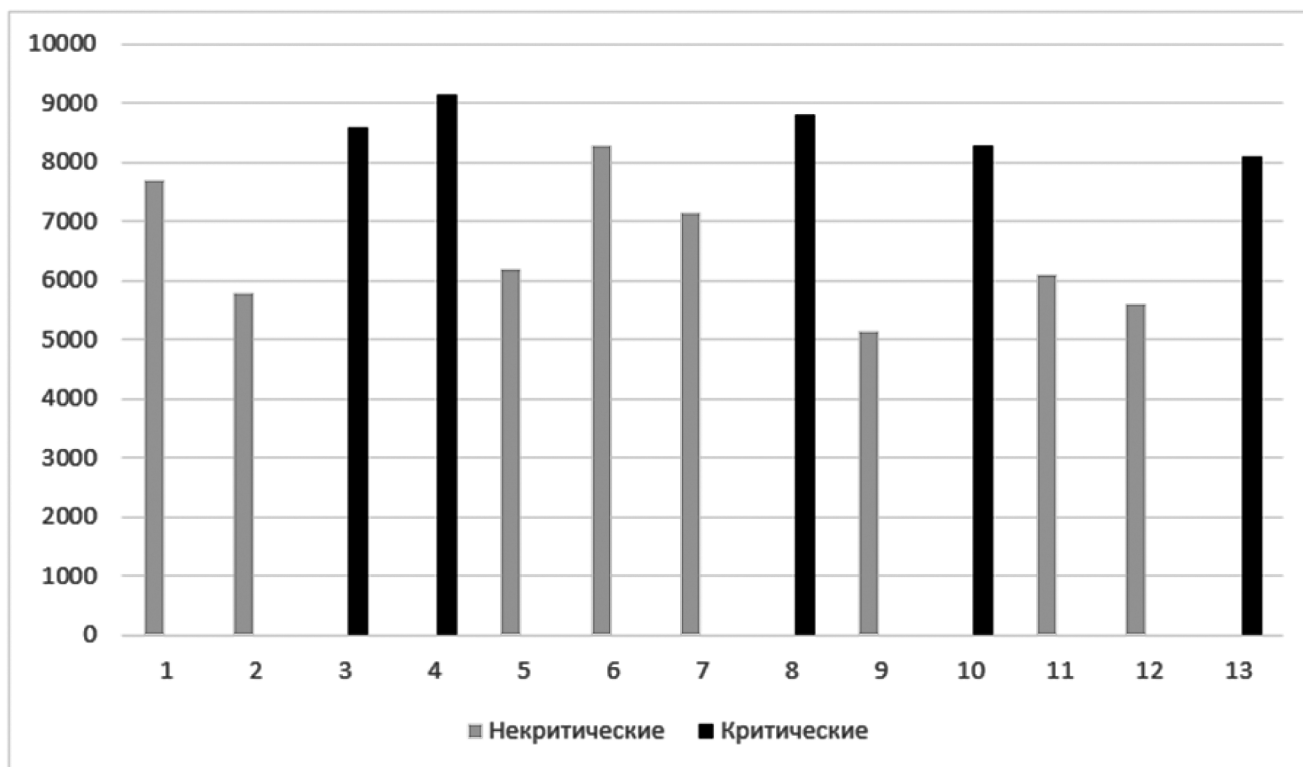


Рис. 4. Получены результаты с использованием алгоритма

ваются в том порядке, в котором они поступают в очередь.

- Очередь с приоритетами (Priority Queue, PQ) — это алгоритм управления очередью в компьютерных сетях, который обрабатывает пакеты данных с учетом их приоритета. Приоритетные пакеты имеют предпочтение перед обычными, и они обрабатываются и передаются в сети в первую очередь.
- Алгоритм Custom Queue (CQ), или Пользовательская очередь, представляет собой подход к управлению очередью в компьютерных сетях, который позволяет пользователям определять собственные параметры и правила обработки пакетов данных в очереди.
- Справедливая очередь (Fair Queueing, FQ) — это алгоритм управления очередью в компьютерных сетях, который обеспечивает более справедливое распределение пропускной способности между различными потоками данных. Основная идея заключается в том, чтобы предоставить каждому потоку равную долю пропускной способности в сети, чтобы избежать преимущества для некоторых потоков за счет других.
- Взвешенная справедливая очередь (Weighted Fair Queueing, WFQ) — это алгоритм управления очередью в компьютерных сетях, который распределяет пропускную способность между потоками данных, при этом каждому потоку назначается вес или приоритет. WFQ обеспечивает более гибкое управление трафиком по сравнению с обычной

справедливой очередью (FQ), поскольку позволяет администраторам сети устанавливать приоритеты для различных типов трафика.

В контексте современных исследований и практических применений, многие из этих алгоритмов уже были внедрены и исследованы другими учеными и специалистами. В связи с этим, наша работа переходит к более широкому сравнительному анализу, охватывающему результаты и выводы из ряда научных статей, посвященных данной тематике. Мы сосредоточимся на выявлении ключевых тенденций, сходств и различий в подходах к управлению качеством обслуживания в компьютерных сетях, основываясь на анализе литературы и научных исследований, данный анализ указан в таблице 1.

Вывод и рекомендации по данному анализу

Исходя из анализа данных статей, для дистанционного обучения рекомендуются следующие алгоритмы управления очередью:

Priority Queuing (PQ):

- Рекомендуемые сценарии использования: PQ особенно полезен для обеспечения высокого приоритета для трафика, который требует минимальных задержек и низкого джиттера, такого как голосовая связь в дистанционном обучении.
- Преимущества для дистанционного обучения: PQ обеспечивает предсказуемость и минимальные

Таблица 1.
Основные моменты и рекомендации каждой статьи

Статья	Основные моменты	Рекомендации
[10]	<ul style="list-style-type: none"> — FIFO не эффективен для обработки потоков данных, но подходит в качестве алгоритма для сравнения. — PQ разработан для высокоприоритетных потоков. — WFQ показал лучшие результаты в моделировании. 	<ul style="list-style-type: none"> — Использовать WFQ для контроля мультисервисного трафика. — FQ лучше всего подходит для сетей передачи с высокой вероятностью потери пакетов.
[11]	<ul style="list-style-type: none"> — Использование различных алгоритмов управления очередями для различных приложений в реальном времени. 	<ul style="list-style-type: none"> — Приоритизировать алгоритмы в зависимости от требований приложений.
[12]	<ul style="list-style-type: none"> — Сравнение эффекта FIFO, PQ и WFQ на QoS в сетях IoT. — PQ и WFQ показывают лучшие результаты для улучшения QoS. 	<ul style="list-style-type: none"> — Использовать PQ и WFQ для улучшения QoS в сетях IoT.
[13]	<ul style="list-style-type: none"> — FIFO лучше для FTP, но менее эффективен для VoIP и видео. — WFQ хорош для видео, но PQ подходит для VoIP. 	<ul style="list-style-type: none"> — Использовать PQ и WFQ для VoIP, а FIFO — для FTP.
[14]	<ul style="list-style-type: none"> — PQ и WFQ наиболее подходят для улучшения QoS VoIP. — Очереди PQ и WFQ эффективны, когда параметры QoS находятся в приемлемом диапазоне. 	<ul style="list-style-type: none"> — Использовать PQ и WFQ для улучшения QoS VoIP.

задержки для критически важных данных, что существенно повышает качество звуковой передачи и улучшает восприятие лекций и общения между студентами и преподавателями.

- Рекомендации по применению: использовать PQ для обеспечения высокого приоритета голосовому трафику в сети дистанционного обучения, чтобы минимизировать задержки и обеспечить плавность коммуникации.

Weighted Fair Queuing (WFQ):

- Рекомендуемые сценарии использования: WFQ эффективно используется для обеспечения справедливого доступа к ресурсам сети для различных видов трафика в дистанционном обучении.
- Преимущества для дистанционного обучения: WFQ способствует балансировке нагрузки и предотвращает голодание ресурсов для определенных потоков данных. Это особенно важно в контексте дистанционного обучения, где одновременно передается разнообразный трафик, включая видео, аудио и данные.
- Рекомендации по применению: использовать WFQ для обеспечения справедливого доступа к ресурсам сети для всех типов трафика в дистан-

ционном обучении, что поможет предотвратить деградацию качества услуг и обеспечить более плавное и эффективное обучение.

В обоих случаях эти алгоритмы помогут оптимизировать качество обслуживания в сети дистанционного обучения, обеспечивая минимальные задержки и высокую пропускную способность для критически важных данных, таких как голосовая связь, и справедливый доступ к ресурсам для различных видов трафика.

5. Алгоритм преподавания с минимальной сетевой нагрузкой

В данном разделе представлена методика дистанционного обучения, которая призвана обеспечить максимальную эффективность процесса при минимальной требуемой скорости интернета. Одним из ключевых вызовов, выделенных в предшествующих работах в первой главе, были технические трудности, в частности скорость интернета и нагрузка на сеть. В предлагаемом методе мы стремимся решить эту проблему, интегрируя синхронные и асинхронные формы дистанционного обучения.

Для оптимизации процесса дистанционного обучения мы создали метод, который состоит из двух основных моментов: максимизации эффективности и минимизации сетевой нагрузки

Для повышения эффективности дистанционного обучения необходимо интегрировать некоторые способы и достичь балансировки между синхронным и асинхронным типами обучения, учитывая минимизацию сетевой нагрузки. Для начала мы рассмотрим синхронные и асинхронные формы обучения подробно, их характеристики и основные отличия между ними для правильной и эффективной разработки алгоритма.

Асинхронное обучение

Асинхронное обучение позволяет студентам учиться по собственному расписанию в течение определенного периода времени. Они могут получить доступ к лекциям, материалам для чтения, домашним заданиям и другим учебным материалам и пройти их в любое время в течение одной или двух недель.

Преимущества асинхронного обучения:

- Гибкость графика
- Индивидуально продиктованный темп
- Более демократичный
- Доступнее
- Больше времени с материалом

В нашем методе мы выполняли асинхронное обучение следующим образом:

- Просмотр различных видео по разным темам.
- Исследование данных тем подробно.
- Подготовка презентации по данным темам для выступления на семинарах.

Синхронное обучение

Синхронное обучение предполагает, что группа участников занимается обучением одновременно и в реальном времени, в том числе онлайн. Преимущества синхронного обучения:

- Взаимодействие между участниками.
- Обмен знаниями и опытом между участниками.
- Обратная связь в режиме реального времени.
- Обучение проходит по фиксированному графику.

Мы реализовали синхронное обучение следующим образом:

- Заранее планируются дискуссии, дебаты и игры.
- Обсуждения видео в лекциях.
- Презентации и доклады на семинарах.

На рисунке 5 показан еженедельный процесс обучения нашей методики.

Как видно из схемы, недельный цикл включает в себя 7 шагов. Прежде всего, преподаватели отправляют ссылки на необходимые видеоматериалы через WhatsApp за 3–4 дня до лекции. Затем каждый студент выбирает тему, начинает ее изучать, готовит материалы и записывает свои заметки и вопросы. Третий шаг — проведение лекций в режиме реального времени с использованием Microsoft Teams. Преподаватель задает вопросы по предыдущим видеоматериалам, чтобы определить уровень понимания студентов. Студенты также имеют право задавать вопросы и получать обратную связь в реальном

времени от преподавателя. После этого студентам предоставляется время для повторения материалов и подготовки презентаций. Последний этап — проведение презентаций на семинарах также в режиме реального времени на платформе MS Teams с последующей оценкой от преподавателя.

Учитывая, что в нашем университете учатся более 10000 иностранных студентов из 155 стран [15], стоит отметить, что у всех нет равных условий из-за скорости интернета и наличия необходимых материалов. Однако для нас важно, чтобы у каждого были равные возможности действовать и получать знания. Поэтому мы постарались минимизировать нагрузку на сеть в нашем методе, чтобы каждый мог получить максимум знаний, несмотря на различные условия.

Для этого мы проанализировали и рассчитали минимальные требования к сети для каждого этапа нашего метода (рисунок 6), и еще более убедились в этом через еженедельную обратную связь от студентов, чтобы удостовериться, что все проходит хорошо.

Самые высокие требования к скорости интернета в нашем случае — при просмотре видео, что представляет минимум 500 Кб/с [16], в то время как для поиска в Google, чтения статей и сбора информации для презентаций 100 Кб/с может быть достаточно [17].

Как мы упоминали ранее, наши синхронные встречи проводятся в Microsoft Teams. Для обсуждений и вопросов используется аудиовызов «один к одному», который требует минимум 30 Кб/с [18], в то время как выполнение презентации требует немного больше из-за совместного использования экрана, примерно 130 Кб/с.



Рис. 5. Пошаговый процесс данной методики



Рис. 6. Требования сети для каждого типа обучения

И, как видно на рисунке, 500 Кб/с, что считается очень малой скоростью, будет достаточно для выполнения нашего метода дистанционного обучения.

Заключение

В данной работе были разработаны и реализованы алгоритмы, направленные на повышение эффективности передачи данных в системах дистанционного обучения.

В первом разделе были предложены алгоритмы управления качеством обслуживания как в программно-конфигурируемых, так и в традиционных сетях. Эти алгоритмы направлены на оптимизацию процесса передачи данных, управление трафиком и улучшение общего качества обслуживания для пользователей систем дистанционного обучения.

Далее был представлен анализ результатов выполнения разработанных алгоритмов, включая оценку их эффективности и влияния на характеристики сети передачи данных. Результаты показали, что алгоритмы при-

вели к улучшению качества обслуживания и снижению сетевой нагрузки, что является ключевым показателем эффективности в системах дистанционного обучения.

В заключительном разделе произведена оценка эффективности разработанных алгоритмов в контексте их применения в системах дистанционного обучения. Полученные результаты подтверждают, что алгоритмы способствуют повышению эффективности передачи данных и обеспечивают оптимальные условия для обучения удаленных участников, улучшая качество образовательного процесса в целом.

В результате анализа исследований можно сделать вывод о том, что для обеспечения эффективного дистанционного обучения необходим комплексный подход, включающий в себя как правильный выбор сетевых протоколов и инфраструктуры, так и разработку эффективных алгоритмов управления качеством обслуживания. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации сетевой инфраструктуры и повышения качества обслуживания в системах дистанционного обучения.

ЛИТЕРАТУРА

- Guri-Rosenblit, Sarah. 'Distance education'and 'e-learning': Not the same thing. // Higher education 49-2005. — С. 467–493.
- Abdullah M.S., Toyacan M., & Anwar K. The cost readiness of implementing e-learning. // Custos E Agronegocio Online-2017., no. 2 — С. 156–175.
- Kist A.A., & Brodie L. Quality of service, quality of experience and online learning // IEEE / In 2012 Frontiers in Education Conference Proceedings-2012 — С. 1–6.
- Wang Z., & Crowcroft J. Quality-of-service routing for supporting multimedia applications. // IEEE / Journal on selected areas in communications-1996., 14(7), — С.1228–1234.
- SDN Architecture Overview [Электронный ресурс]: Open Network Foundation. URL: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn>.
- Chemeritskiy Eugene, and R. Smelansky. On QoS management in SDN by multipath routing. // 2014 International Science and Technology Conference (Modern Networking Technologies) (MoNeTeC). IEEE, 2014.
- Киричек Р.В. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ РЕСУРСОВ В ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ.2019. [Электронный ресурс] URL: https://www.sut.ru/doci/nauka/Muhizi_S_diss.pdf.

8. Al Hakim Reda, Demidov A.S. Effective Data Transmission Algorithms for Distance Learning. Computational Nanotechnology. 2021. Vol. 8. No. 4. Pp. 19–27. (In Rus.) DOI: 10.33693/2313-223X-2021-8-4-19–27
9. Изотова Т.Ю. «Обзор алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе.» Новые информационные технологии в автоматизированных системах 19 (2016).
10. Attar H., Khosravi M.R., Igorovich S.S., Georgievan K.N., & Alhihi M. Review and performance evaluation of FIFO, PQ, CQ, FQ, and WFQ algorithms in multimedia wireless sensor networks. // International Journal of Distributed Sensor Networks-2020, 16(6).
11. Islam M.Z., Islam M.S., Haque A.F., & Ahmed M.A comparative analysis of different real time applications over various queuing techniques. // IEEE. / 2012 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)-2012, — С. 1118–1123.
12. Tabassum M., Tikoicina K.M., & Huda E. Comparative analysis of queuing algorithms and QoS effects on the IoT networks traffic. // IEEE / In 2018 8th IEEE international conference on control system, computing and engineering (ICCSCE)-2018, — С. 88–92.
13. Mohit Kishorbhai Ajani, Yogesh Zambare. Effects of Various Queuing Algorithms for Network Services, // International Journal of Engineering Development and Research (IJEDR)-2014, 2(1), — С. 87–91.
14. Mohammed H.A., Ali A.H., & Mohammed H.J. (2013). The effects of different queuing algorithms within the router on QoS VoIP application using OPNET-2013, — С. 1302.1642.
15. Российский университет дружбы народов. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.rudn.ru/about>
16. System requirements to watch YouTube videos [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=en>
17. What is a good internet speed? [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.highspeedinternet.com/how-much-internet-speed-do-i-need>
18. Microsoft Teams requirements [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-365/enterprise/requirements-network#microsoft-teams-requirements>.

© Аль Хаки́м Ри́да (Al_khakim_r@pfur.ru); Ковалева Екатерина Александровна (kovaleva_ea@pfur.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»