



АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА В СЕТЯХ IP

Джураев Рустам Хусанович

доцент кафедры "Сети и системы передачи данных" Ташкентского университета информационных технологий имени аль-Хоразми

Умирзаков Баходир Мамадиёрович

начальник IT-центра Ташкентского государственного экономического университета

bahodir-83@tsue.uz

Аннотация

В статье рассматривается важность, тенденции создания и развития телекоммуникационной инфраструктуры. Показана эволюция сетевых моделей и самих технологий передачи данных с коммутацией пакетов. Изучены основные задачи, требующие решения для успешного внедрения сетевых технологий для передачи мультимедийного трафика. Приведены методы обеспечения качества обслуживания и результаты имитационного моделирования, связанные с исследованием показателей качества мультимедийного трафика.

Annotatsiya

Maqolada telekommunikatsiya infrastrukturasi yaratilish bosqichlari, muhimligi va rivojlanishi ko'rib chiqiladi. Tarmoq modellari evolyutsiyasi va paketli kommutatsiya texnologiyalari yoritiladi. Multimedia trafingini uzatishda muvoffaqiyatli o'rnatilgan tarmoq texnologiyalari uchun hal qilinishi lozim bo'lgan asosiy vazifalar o'rganiladi. Xizmat ko'rsatish sifatini ta'minlash usullari va multimedia trafingining sifat ko'rsatkichlarini tadqiq qilish bo'yicha imitatsion modellashtirish natijalari keltirilgan.

Annotation

The article examines the importance and trends in the creation and development of telecommunications infrastructure. It highlights the evolution of network models and data transmission technologies using packet switching. The main challenges that need to be addressed for the successful implementation of network technologies for multimedia traffic transmission are analyzed. Methods for ensuring quality of service

and the results of simulation modeling related to the study of multimedia traffic quality indicators are presented.

Ключевые слова

коммутация пакетов, виртуальный канал, TCP/IP, качество обслуживания (QoS), моделирование, задержка.

Kalit so'zlar

paketlarni almashtirish, virtual sxema, TCP/IP, xizmat ko'rsatish sifati (QoS), modellashtirish, kechikish.

Keywords

packet switching, virtual circuit, TCP/IP, quality of service (QoS), modeling, delay.

Введение

Международная практика показывает, что радикальные изменения в информационной сфере экономически развитых стран, произошедшие на рубеже XX – XXI веков, существенно изменили облик информационной инфраструктуры, которая стала одной из наиболее перспективных и динамично развивающихся базовых инфраструктур общества [1-5].

Целый ряд новых проблем и задач возникает в результате широкого распространения персональных компьютеров (ПК) и соответственно интенсивного роста объема трафика данных, что сопровождалось переходом к технологиям на основе коммутации пакетов и организации новых служб и сетей передачи данных. Создание и практическое внедрение методов и сетевых технологий коммутации пакетов является одним из важнейших мировых достижений 60-х годов XX века. Метод коммутации пакетов, возникший в ответ на необходимость эффективного использования сетевых ресурсов был независимо и почти одновременно предложен Д. Дэвисом, П. Бэрном и Л. Клейнроком. При этом оказалось, что работы над решением этой проблемы велись параллельно при полном отсутствии информации о деятельности друг друга.

С появлением первых компьютеров была осознана необходимость развития стандартов [1-4], определяющих принципы взаимодействия внешних пользователей с сетями передачи данных, а также сетей между собой, для этого были предложены две модели сетей, основанных на пакетной коммутации, модели OSI и TCP/IP.

В конце 70-х годов, были разработаны две модели: OSI (рис. 1 (а)) и TCP/IP (рис. 1 (б)) [1].

В 1977 году создается комитет по сетевой модели при международной организации по стандартизации ISO, а в 1978 году была разработана базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем которая получила название OSI — Open Systems Interconnection, она же — сетевая модель стека сетевых протоколов OSI/ISO (ИСО/МЭК 7498–1–94).

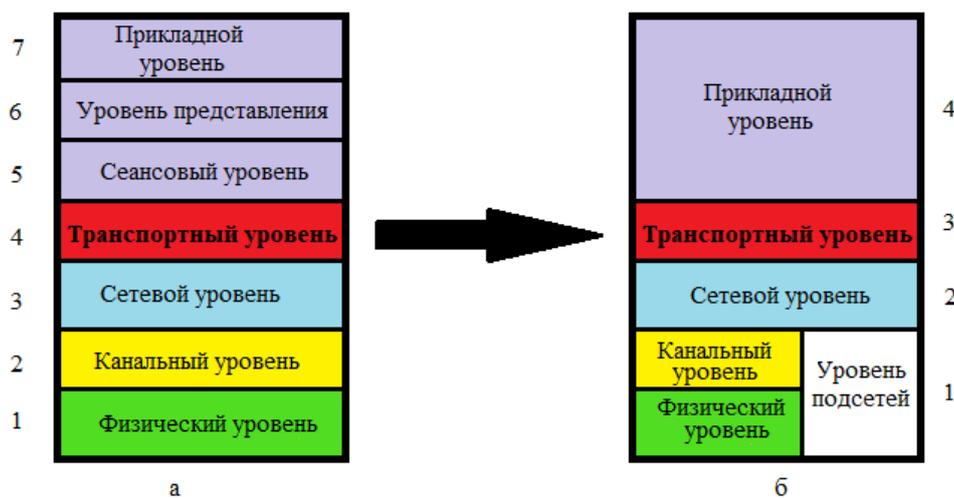


Рис. 1. Модели OSI (а) и TCP/IP (б)

Стандарт ISO определяет: эталонную модель взаимодействия открытых систем; конкретный набор услуг, удовлетворяющий эталонной модели; набор протоколов, обеспечивающий удовлетворение услуг, для реализации которых они разработаны.

В 1974 году Роберт Кан и Винт Серф публикуют основные принципы работы стека протоколов TCP/IP, а также модель соединения сетей между собой посредством шлюзов и маршрутизаторов, получившая название дейтаграммной модели.

Анализ показал, что одним из основных недостатков OSI заключается в том, что наличие многочисленных уровней сделало эти протоколы медлительными и трудными для реализации. В отличие от семиуровневой модели OSI, в модели стека TCP/IP отсутствуют канальный, сеансовый и представительный уровни, но имеется межсетевой уровень, который отражает основную идею данной модели — направленность на обеспечение передачи информации по сети, состоящей из множества разнородных сетей.

С развитием моделей OSI и TCP/IP, были разработаны следующие технологии, обеспечивающие передачу данных [1,4,9,10]: Виртуальный режим — сторонники OSI (X.25, Frame Relay, ATM). Дейтаграммный режим — сторонники TCP/IP.

Технология КП, с использованием виртуального канала (ВК), которую продвигали сторонники OSI, предполагает резервирование канала передачи данных на время сеанса связи. Наличие резервированного ресурса позволяет гарантировать определенное качество обслуживания и подходит для применения в сетях передачи данных общего пользования. Вместо достаточно длинного адреса узла назначения применялась локальная, то есть меняющаяся от узла к узлу метка, которой помечались все пакеты, перемещаемые по определенному виртуальному каналу (рис. 2 (а)).

При передаче в виртуальном режиме различают временное виртуальное соединение и постоянный виртуальный канал. В режиме временного виртуального соединения соединение устанавливается только на время передачи сообщения. Постоянный виртуальный канал между двумя

пользователями организовывался на определенное время, не связанное с длительностью сеанса связи.

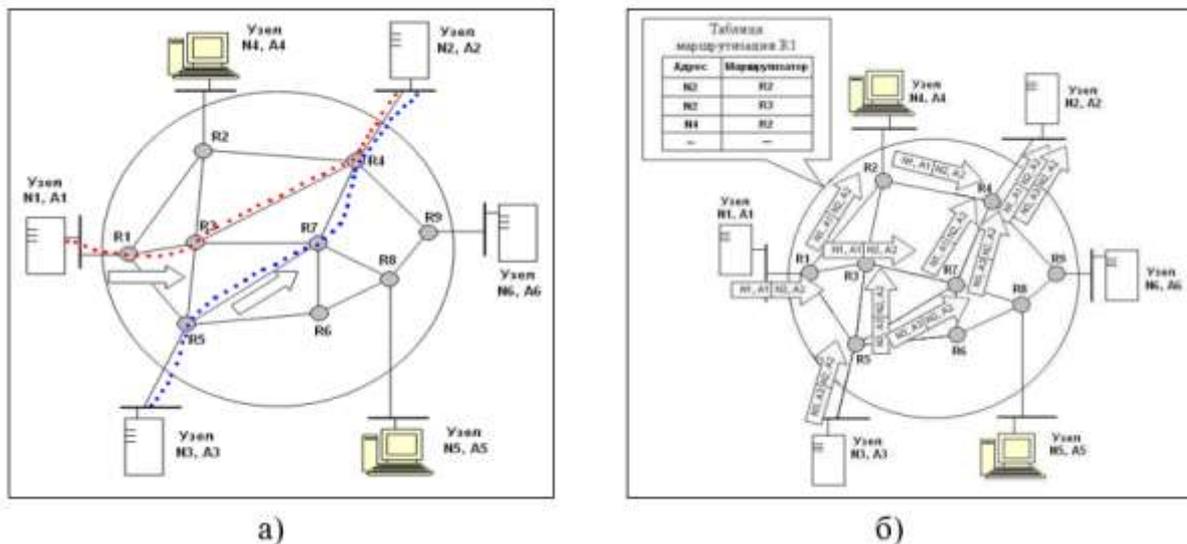


Рис. 2. Принцип работы коммутации пакетов: а — виртуальный режим; б — дейтаграммный режим.

Суть дейтаграммного режима, который реализовали сторонники TCP/IP, в том, что при установлении связи нет прямого соединения между отправителем и получателем. Данные просто отправляются пакетами один за другим, поэтому главным достоинством метода дейтаграмм является простота механизма передачи пакетов, но в тоже время нет никакой гарантии доставки конкретного пакета.

Анализ показывает, что движущей силой развития технологий передачи данных с коммутацией пакетов, является стремление пользователя получать различную информацию максимально приближенную к той, которую он получает при непосредственном общении в любом месте, в любое время, в любой форме и в движении. Результаты исследования зарубежных ученых информационных возможностей различных видов телекоммуникаций позволили определить относительные объемы информации при различных способах передачи информации [1,4,5]. В таблице 1 представлены информационные возможности средств телекоммуникации.

Таблица 1

Информационной возможности средств телекоммуникаций

Информация при непосредственном общении – 100%	
Информация при связи на основе технологии мультимедиа – 95-98%	
Информация при передаче жестов и мимике	52-55%
Информация при телефонной передаче – 45%	
Информация благодаря тембру, интонации голоса, громкости, паузам	38%
Информация при текстовой передаче – 7%	

Анализ создания и развития технологий коммутации пакетов с виртуальными каналами показывает, что как только появилась технология X.25, в которой осуществляется инкапсуляция буквенно-цифровых сообщений

в пакеты появилась сеть ПД с КП с помощью которой передается только 7% информации, получаемой при непосредственном общении. Технология X.25 была ориентирована на аналоговые каналы связи и поэтому характеризовалась низкой скоростью передачи данных (до 48 кбит/с).

С появлением же технологии Frame Relay, в которой осуществляется инкапсуляция данных и речи в кадры, появилась возможность одновременной передачи данных и речи. При этом увеличивается объем передаваемой информации с 7% до 45%. Технология Frame Relay обеспечивала более высокую по сравнению с технологией X.25 скорость передачи данных до 2-4 Мбит/с.

После появления же технологии АТМ появилась возможность передачи данных, речи, графики, видео и мультимедиа, которые увеличивают объем информации еще на 50%. Технология обеспечивала наибольшую скорость передачи данных (155 Мбит/с, 622 Мбит/с, 2,4 Гбит/с).

Анализ показывает, что после появления технологии коммутации пакетов с дейтаграммным режимом происходит быстрый рост объема трафика, серьезное изменение структуры и характера трафика передаваемого в сетях IP. Изначально IP протокол был ориентирован только на услуги передачи данных, но в результате совершенствования стал применим для услуг реального времени (голос, графика, видео и мультимедиа). Таким образом современные сети ПД с КП на основе протокола IP обеспечивают возможность на основе единой платформы предоставлять весь спектр услуг по передаче данных, голоса, графики, видео и мультимедиа. В этой связи общепринятой фразой стала фраза “Everything over IP, IP over everything” (“Все по IP. IP по всему”).

Из данных таблицы 1 видно, что завершающим этапом является создание способов и средств мультимедиа, основанных на передаче мультимедиа данных, обеспечивающей передачу до 95-98% информации по сравнению с информацией, получаемой при непосредственном общении.

Международная практика показывает, что основным направлением развития телекоммуникации в современных условиях является интеграция, которая предусматривает взаимопроникновение и объединение в одно целое: множество различных технологий, включая терминалы, сетей и услуг.

Таким образом взаимное проникновение технологий ПД с КП и информационных технологий связано с быстрорастущей потребностью в передаче разнородных мультимедийных сообщений. Передаваемая в виде различных сигналов сообщение может представлять собой данные, речь, графику, видео или любую их комбинацию, называемую мультимедийной, которая лежит в основе самых последних достижений в области информационных и технологий и технологий передачи данных.

Анализ показывает, что появление современных мультимедийных служб обусловлен в основном двумя факторами:

Возникновением потребностей в разнообразных мультимедийных приложениях.

Наличием соответствующих технологических и технических возможностей по предоставлению мультимедийных услуг.

Службы передачи данных по виду передаваемых сообщений разделяются на [10,11]:

мономедийные службы, предназначенные для передачи сообщений одного вида;

мультимедийные службы, предназначенные для передачи сообщений двух и более видов.

Литературный обзор

Одним из важнейших направлений работ Международного союза телекоммуникации является организация мультимедийных служб в IP сетях. Таким образом, стремительное развитие технологий и сетей ПД с КП на основе протокола IP обеспечивает в настоящее время возможность предоставления широкого спектра услуг разнообразных мультимедийных служб. В результате происходящих в сфере передачи данных изменений сформировался спрос на услуги мультимедиа, непрерывный рост которых обусловил значительные расширенные разнообразных мультимедийных приложений [1-9].

Стремительный рост объема памяти, быстродействия и производительности современных информационных терминалов позволил осуществить переход к формированию услуг мультимедиа, т.е. объединению и отображению в одном информационном терминале текста, данных, графики аудио и видео.

Необходимо особо отметить, что мультимедиа - это такая интеграция передаваемой информации при которой в каждый момент передается информация разных видов: текст, данные, речь, графика, видео посвященная одному и тому же процессу. Этот процесс достигается благодаря взаимодействию широкополосных методов передачи с мощной операционной системой современных информационных терминалов.

При этом современный информационный терминал пользователя может состоять из различного рода устройств: стационарный или мобильный терминал, факс, персональный компьютер, мультимедийный терминал и т.д., а также их комбинаций - мобильный мультимедийный терминал.

В настоящее время происходит бурное развитие сетей передачи данных и рост числа сетевых приложений, в том числе для передачи мультимедиа данных. Поэтому передача мультимедиа данных по сетям IP стала одним из наиболее ресурсоемких сетевых приложений. Несмотря на значительные успехи достигнутые в области сжатия видео и аудио, доля мультимедиа данных в общемировом объеме IP трафика неуклонно растет

Таблица 2

Средние объемы для разных типов сообщений

Тип сообщения	Типичный размер
e-mail	2,2 кВ
длинные документы (~ 20 стр.)	44 кВ
графическое изображение	330 кВ
1 мин. аудио	475 кВ
1 мин. видео	2400 кВ

Анализ показывает, что быстрый рост разнообразных мультимедийных приложений с большими объемами информации требует значительных затрат на хранение, обработку и передачу подобных приложений (табл. 2).

Поэтому с появлением мультимедийных приложений реального времени (данные, речь, графика, видео, мультимедиа) вопросы оценки качества обслуживания и механизмов их обеспечения в сетях IP стали важными и актуальными. Необходимо особо отметить, что в рамках использования единой инфраструктуры сети ПД на основе протокола IP требуется обеспечить поддержку различного мультимедийного трафика с разнообразными требованиями к показателям качества обслуживания (QoS). С появлением новых приложений особенно реального времени вопрос о гарантированном качестве обслуживания (QoS) в сети IP становится одним из наиболее сложных.

Методология

В этой связи качество обслуживания (QoS) является основным требованием для реализации мультимедийных услуг.

Основные характеристики для QoS определяются следующим образом [1, 2, 3, 6, 8, 10]:

- задержка доставки пакета. Этот параметр играет роль в основном при передаче голосовых и видеосообщений;
- джиттер (разброс) — изменения в задержках при доставке пакета. Джиттер можно мерить несколькими методами.
- потеря пакета — при перегрузке сеть вынуждена выбросить отдельные пакеты. Один из тех параметров, который при передаче голосовых и видеосообщений играет ощутимую роль.

В настоящее время существуют различные методы обеспечения качества обслуживания мультимедийного трафика, а выбор той или иной технологии зависит от требований, предъявляемых к качеству обслуживания. Причем качество предоставляемых услуг должно быть на требуемом потребителем уровне.

Известны следующие методы обеспечения QoS, применяемые в сетях ПД с КП:

- резервирование ресурсов (на время соединения запрашиваются и резервируются необходимые для выполнения приложения ресурсы);
- приоритезация трафика (распределение трафика в сети на классы с приоритетным порядком обслуживания некоторых из них);
- перемаршрутизация (позволяет при перезагрузке сети перевести трафик на резервный маршрут, именно этим способом обеспечивается QoS).

В современных сетях перечисленные методы реализуются с помощью технологий IntServ, DiffServ и MPLS с использованием протокола RSVP.

Для исследования показателей качества обслуживания мультимедийного трафика была построена имитационная модель. Для построения имитационной модели использовалось программное обеспечение OPNET Modeler 14.0. Программа OpNet представляет собой комплекс средств для создания, моделирования и изучения сетей связи. Позволяет анализировать воздействия

приложений типа клиент-сервер и новых технологий на работу сети; моделировать иерархические сети, многопротокольные локальные и глобальные сети с учетом алгоритмов маршрутизации; осуществлять оценку и анализ производительности смоделированных сетей. Также с помощью пакета можно осуществить проверку протокола связи, анализ взаимодействий протокола, оптимизацию и планирование сети.

Для моделирования был выбран участок сети, на котором существует потребность в передаче разнородного трафика.

Имитационная модель состоит из двух зон: зона А и зона В. Каждая зона содержит по 2 сети (LAN) и коммутатора (Switch). Зона А и Зона В обмениваются данными по средствам маршрутизаторов (Router) (Рис.3).

Сеть LAN 1 содержит 10 пользователей, которым предоставлена услуга передачи данных по протоколу HTTP. Пользователи этой сети имеют возможность обмениваться данными, как и внутри сети, так и с сетью LAN 4. Трафик от сети LAN 1 к сети LAN 4 проходит через коммутатор Switch А, Router 1, Router 3, Switch В.

Сеть LAN 2 содержит 10 пользователей, которым предоставлена услуга передачи голосового трафика. Пользователи этой сети имеют возможность обмениваться данными, как и внутри сети, так и с сетью LAN 4. Трафик от сети LAN 2 к сети LAN 4 проходит через коммутатор Switch А, Router 1, Router 3, Switch В.

Сеть LAN 3 содержит 10 пользователей, которым предоставлена услуга передачи видео трафика. Пользователи этой сети имеют возможность обмениваться данными, как и внутри сети, так и с сетью LAN 4. Трафик от сети LAN 3 к сети LAN 4 проходит через коммутатор Switch В.

Сеть LAN 4 содержит 10 пользователей, которым одновременно предоставлены услуги по передаче данных, голоса и видео. Пользователи этой сети имеют возможность обмениваться данными, как и внутри сети, так и с сетями LAN 1, LAN 2, LAN 3.

Коммутаторы (Switch) играют роль связующих звеньев для сетей, принадлежащих одной зоне, а также пропускают через себя трафик при обмене данными в разных зонах.

Маршрутизаторы Router 1 и Router 3 являются основными маршрутизаторами для передачи данных между зонами.

Маршрутизаторы Router 2 и Router 4 являются резервными, на случай обрыва кабеля, или перегрузки основных маршрутизаторов.

Маршрутизация на сети осуществляется по средствам протокола OSPF, который ориентируется на следующие параметры при выборе маршрута:

- Количества промежуточных узлов на пути от пункта А до пункта Б
- Длина пути от пункта А до пункта Б
- Пропускную способность магистрали
- Загруженность участков сети

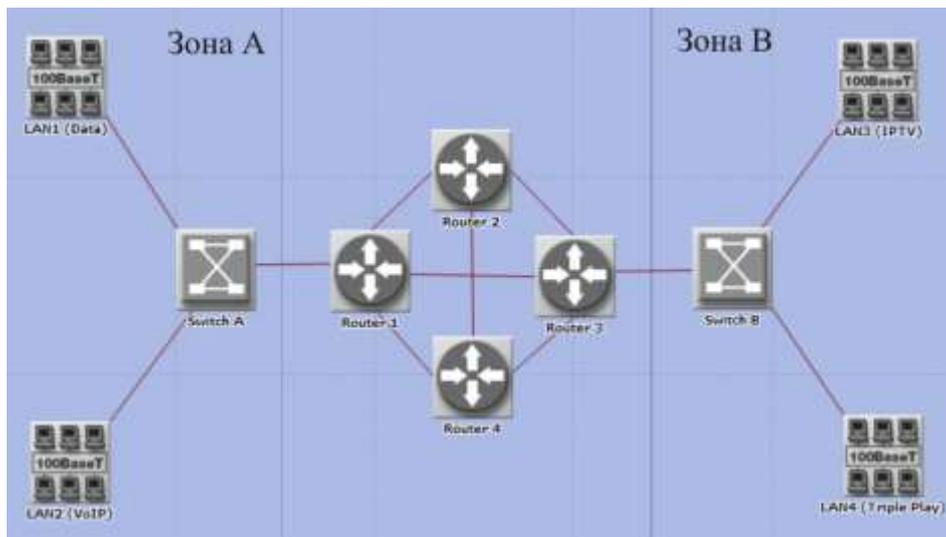


Рис.3. Моделируемая сеть

Моделирование является очень ресурсоёмким процессом, порой время моделирования всего лишь 1 минуты в сети может потребовать до двух, трёх часов в зависимости от конфигурации компьютеров. В связи с этим были предприняты следующие меры по минимизации времени моделирования:

- каждая сеть содержала 10 пользователей
- время имитации составило 10 минут

В имитационной модели передавался следующий вид данных: данные, голос, и видео. Ниже представлены подробные параметры каждого вида из трафика.

В качестве трафика данных использовался трафик HTTP:

- версия протокола HTTP 1.1
- время между запросами страниц 10 секунд
 - размер изображений на странице от 2 Мб до 10 Мб
 - количества изображений на странице 1 до 10

В качестве голосового трафика использовался PCM quality speech:

- схема кодирования G.711
- длительность тишины 0.65 сек.
- количество кадров в каждом пакете 0.65 сек.

время кодирования 0.02 сек.

время декодирования 0.02 сек.

В качестве видео трафика использовался видео трафик VCR:

- размер кадра 352 x 240 pixels
- число кадров в секунду 30 frames/s

Моделирование производилось четыре раза: в отсутствие предоставления качества обслуживания QoS, и с предоставлением гарантированного качества обслуживания посредством механизмов DiffServ, IntServ, Int-DiffServ.

Анализ и результаты

Полученные данные в результате моделирования были преобразованы в графики для визуального анализа. Как видно из рисунка (Рис.4.) для передачи данных и голоса требуется небольшая полоса пропускания по сравнению с видео трафиком и трафиком Triple Play. Из этого можно сделать вывод, что при

предоставлении услуг Triple Play необходима большая полоса пропускания, чем при предоставлении голосовых услуг и услуг передачи данных.

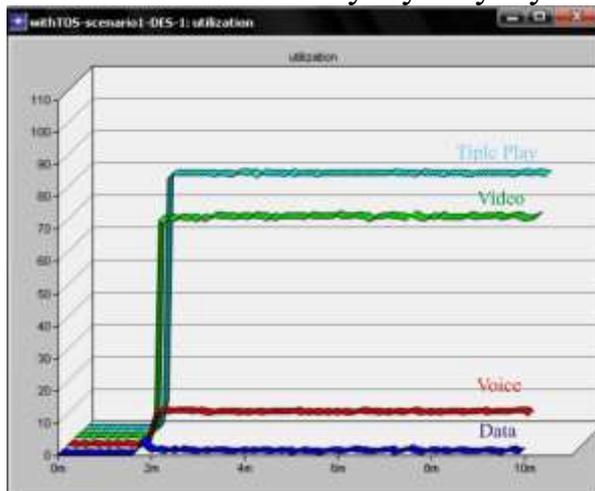


Рис.4. Использование пропускной способности канала

На рисунке (Ошибка! Источник ссылки не найден.5) проиллюстрирован график задержки при передаче голосового трафика. В случае отсутствия предоставления качества обслуживания среднее числовое значение кривой превышает нормы почти в 1.5 раза. При предоставлении гарантированного качества обслуживания показатели задержки значительно улучшаются и не превышают допустимое значение необходимое для качественного предоставления голосовых услуг. Как видно из рисунка (Ошибка! Источник ссылки не найден.5) наилучшим механизмом предоставления гарантированного качества обслуживания является Int-DiffServ.



Рис.5. Задержка при передаче голосового трафика

На рисунке (Рис.6) проиллюстрирован график задержки вариации при передаче голосового трафика. В отсутствие механизмов предоставления гарантированного качества обслуживания значения показателя вариации задержки больше чем при использовании одного из механизмов предоставления гарантированного качества обслуживания, что может сказаться на качестве передачи голосового трафика.

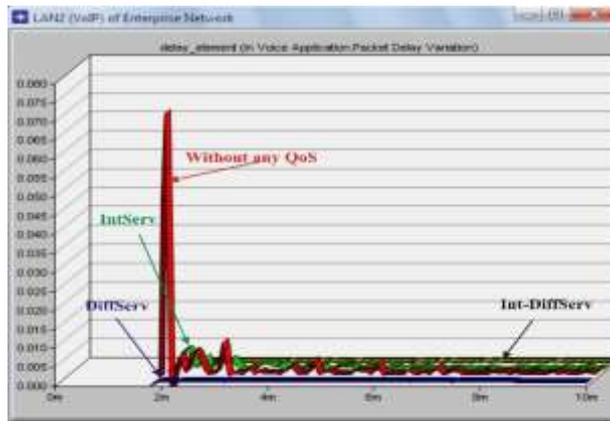


Рис.6. Вариация задержки при передаче голосового трафика

На рисунке (Рис) изображён график задержки при передаче видео трафика. В случае отсутствия предоставления качества обслуживания среднее числовое значение кривой превышает нормы почти в 2.5 раза. При предоставлении гарантированного качества обслуживания показатели задержки значительно улучшаются, но при использовании механизма IntServ, DiffServ всё равно не удовлетворяет требованиям для качественной передачи видео трафика.

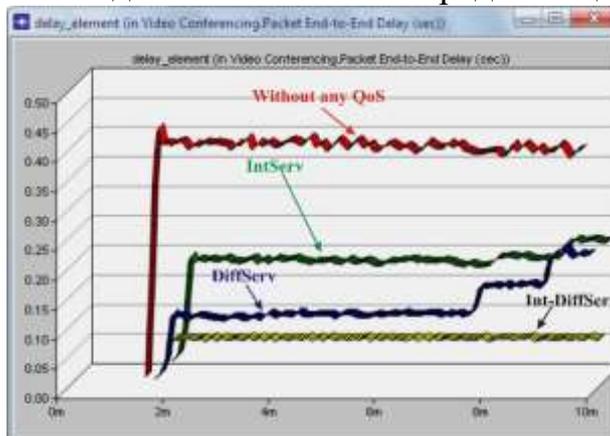


Рис. 7. Задержка при передаче видео трафика

На рисунке 8 проиллюстрирован график задержки вариации при передаче видео трафика. В отсутствие механизмов предоставления гарантированного качества обслуживания значения показателя вариации задержки превышают нормы предъявляемые для видео трафика, что в свою очередь скажется на качестве предоставляемой услуги.

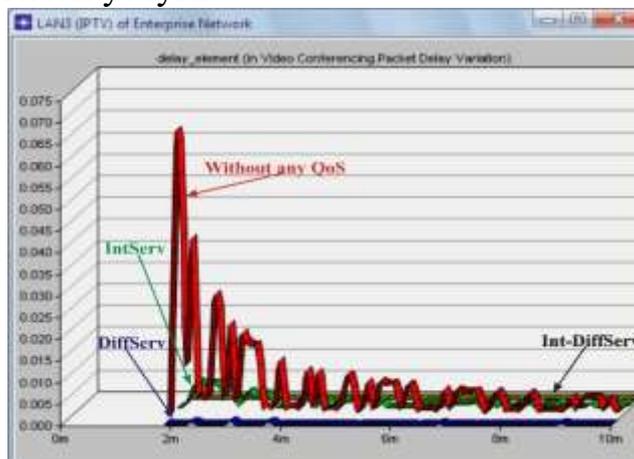


Рис. 8. Вариация задержки при передаче видео трафика

Современные сети ПД должны иметь развитые механизмы обеспечения качества обслуживания, использование которых позволяет влиять на предоставление услуг связи в процессе эксплуатации.

Заключение

Анализ показал, что для качественного предоставления мультимедийных услуг необходимо, чтобы показатели качества удовлетворяли требованиям, предъявляемым при передаче данного вида трафика. Для обеспечения этих требований необходимо использовать механизмы предоставления гарантированного качества обслуживания. Было рассмотрено модели предоставления гарантированного качества обслуживания: «Integrated Service» и «Differentiated Service».

Анализ графиков полученных в результате моделирования показал что наилучшим механизмом предоставления гарантированного качества обслуживания является Int-DiffServ.

Список литературы

1. Stallings W. Data and computer communications. Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, 2007.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012.
3. Kurose J. F. and Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach, 7th Edition / Hoboken, New Jersey: Pearson, 2017.
4. Шварцман В. О. Интеграция в электросвязи. – М.: Агентство ИРИАС, 2001.
5. Мардер Н.С. Современные телекоммуникации. — М.: ИРИАС, 2006. — 384 с.
6. Яновский Г.Г. Качества обслуживания в сетях IP. Вестник связи.-2008. №1.
7. Копачев А.Г. Методы управления трафиком в мультисервисных сетях. Информатизация образования.-2004. №4.
8. Умирзаков Б. М. Джураев О.Р. Анализ технологий обеспечения качества обслуживания QoS при предоставлении услуг Triple Play. Научно-техническая конференция «Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари». 25-26 марта 2010 г. Ташкент.
9. Джураев Р. Х., Ботиров С. Р., Умирзаков Б. М. Современное состояние и тенденции развития технологии передачи данных [Электронный журнал] «Infocom.uz», 18.06.2020
10. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Умирзаков Б.М. Технологии передачи данных. Учебное пособие. Ташкент,2008
11. Джураев Р.Х. Русско-узбекский словарь терминов по сетям передачи данных. Ташкент, 2011