

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.7

Геростёнок
Юрий Анатольевич

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства
телекоммуникаций»

Научный руководитель

Тарченко Надежда Владимировна

кандидат технических наук, доцент

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

В связи с быстрым и интенсивным развитием телекоммуникационной инфраструктуры, разработкой и выводом на рынок новых услуг переходят к построению мультисервисных сетей, реализуемых на основе концепции сети следующего поколения (NGN). Концепция NGN выдвинута ведущими мировыми организациями по стандартизации электросвязи МСЭ и ETSI, ее основой является использование современных пакетных технологий для передачи различных видов информации по единой сетевой инфраструктуре. Опорные сети операторов электросвязи во всем мире претерпевают переход от сетей с коммутацией каналов, предназначенных преимущественно для передачи голоса, к сетям передачи данных (ПД) с коммутацией пакетов, рассчитанным на оказание широкого спектра услуг электросвязи на основе универсального протокола IP.

При проектировании, вводе в эксплуатацию и непосредственной эксплуатации телекоммуникационных сетей передачи данных одной из основных проблем является обеспечение требуемых показателей качества передачи для разноприоритетного трафика.

Изложенные особенности развития телекоммуникационных систем требуют дополнительных исследований зависимости показателей качества (задержки доставки пакетов, вариации задержки, вероятности потери пакетов) от параметров функционирования ТКС ПД (состава и характеристик оборудования, характера передаваемого трафика и т.д) на основе как математического, так и имитационного моделирования.

Разработку математических моделей для сетей передачи данных будем вести в области приоритетных систем, исключая дискриминацию низкоприоритетного трафика, с экспоненциальными распределениями поступления заявок различных классов качества, и их обслуживание с экспоненциальным и детерминированным распределениями, ограничениями ресурсов (объем буфера, количество обслуживающих приборов и производительность узла коммутации). Это позволит при решении поставленных задач учитывать специфику совместной передачи разнородной информации с различными требованиями к качеству обслуживания, а также определить пессимистичные и оптимистичные значения показателей качества функционирования сетей ПД.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена ростом объема трафика передачи данных в составе транспортной телекоммуникационной сети, повсеместным переходом к технологиям пакетной передачи для трафика реального времени, что требует выявления зависимости показателей качества от характеристик функционирования сети.

Цель и задачи исследования

Целью работы является моделирование сетей передачи данных с целью определения зависимости показателей качества от параметров функционирования телекоммуникационной сети.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи:**

1 Рассмотреть основные показатели качества услуги и показатели качества функционирования сети, которые в сумме определяют показатели качества обслуживания;

2 Рассмотреть технологию коммутации пакетов, определить её достоинства и недостатки, а также рассмотреть показатели качества функционирования транспортной сети с коммутацией пакетов;

3 Построить математическую модель узла коммутации типа $M_r / M / V / K$ и $M_r / D / V / K$ с ограниченным буфером, конечными значениями производительности узла коммутации и количества обслуживающих приборов;

4 Провести математическое моделирование, позволяющее оценить показатели качества функционирования рассматриваемых типов УК;

5 Провести имитационное моделирование, отражающее изменение состояния обслуживающих устройств во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы системы;

6 Провести анализ показателей качества функционирования сети ПД, основываясь на полученных данных математического и имитационного моделирования учитывая состав и характеристики оборудования и характер передаваемого трафика.

Объектом исследования является телекоммуникационная сеть. **Предметом** исследования являются показатели качества передачи в сети передачи данных.

Обоснование темы магистерской диссертации

В настоящее время при проектировании телекоммуникационной сети передачи данных необходимо обеспечивать требуемые показатели качества передачи для разноприоритетного трафика. Это требует дополнительных исследований зависимости показателей качества (задержки доставки пакетов, вариации задержки, вероятности потери пакетов) от параметров функционирования телекоммуникационной сети передачи данных (состава и характеристик оборудования, характера передаваемого трафика и т.д.) на основе как математического моделирования, так и имитационного.

Положения, выносимые на защиту

1 Метод моделирования процессов функционирования узлов коммутации сетей передачи данных при произвольных распределениях поступления и обслуживания заявок различных классов качества (приоритетов);

2 Имитационное моделирование, отражающее изменение состояния обслуживающих устройств во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы УК;

3 Показатели качества функционирования сети ПД, полученные на основе данных математического и имитационного моделирования.

Апробация результатов магистерской диссертации

Основные положения магистерской диссертации и результаты исследования докладывались и обсуждались на 51-й и 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2015–2016 гг.), а также на 20-й международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, 2015 г.).

Опубликованность результатов исследования

Изложенные в магистерской диссертации основные положения и выводы опубликованы в 1 печатной работе – в сборнике материалов научно-технических конференций.

Структура и объем диссертации

Структура магистерской диссертации обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из перечня условных обозначений, введения, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 89 страниц. Работа содержит 34 рисунка. Библиографический список включает 34 наименования.

Библиотека БГУИР

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрено современное состояние проблемы исследования: обеспечения требуемых показателей качества передачи, обоснована актуальность диссертационной работы, приведена цель и определены основные направления исследований в виде необходимых для решения задач.

В первой главе на основе международных и отечественных стандартов определено понятие «качество телекоммуникационных услуг». Исследована иерархическая система показателей качества предоставления услуги и функционирования сети (NP), которые в сумме определяют показатели качества обслуживания (QoS). Была рассмотрена общая архитектура современных телекоммуникаций с точки зрения модели взаимодействия открытых систем и структуры сети, при взаимодействии между пользователями. Основой любой телекоммуникационной сети является транспортная сеть, имеющая свою уровневую структуру. Рассмотрена технология коммутации пакетов, для которой определены показатели качества функционирования сети: задержка доставки пакетов, вариация задержки пакетов, коэффициент потери пакетов и коэффициент ошибок пакетов. Описаны основные достоинства технологии КП. Однако потеря пакетов при КП и случайные задержки в доставке являются недостатком для чувствительного к задержкам трафика реального времени. Для обеспечения качества обслуживания при передаче разнородного трафика МСЭ-Т осуществлено нормирование параметров качества, которые разделены по различным классам QoS. В частности наиболее жесткие требования устанавливаются для трафика реального времени, а для трафика передачи данных – не нормируются, в связи с не критичностью к потерям и задержкам. Нормирование осуществляется между точками подключения оконечного оборудования пользователя (UNI-UNI). Приводятся нормы для параметров, характеризующих доставку IP-пакетов.

Во второй главе была исследована математическая модель УК типа $M_r / M / V / K$, отражающая основные особенности пакетных технологий передачи и коммутации. В работе рассматривается УК, на вход которого поступают простейшие Пуассоновские потоки, описываемые вероятностью поступления $P_i(t)$:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}. \quad (1)$$

Время поступления заявок и время их обслуживания описываются экспоненциальными функциями. Также УК характеризуется объемом буфера K и количеством обслуживаемых приборов V . Для модели УК типа $M_r / M / V / K$ определено стационарное распределение вероятностей состояний УК, которое отражает веро-

ятность того, что в УК с количеством портов V в очереди будут находиться i пакетов с приоритетом r :

$$P_i(r, V) = \begin{cases} \frac{\rho_r^i}{i!} P_0(R, V), 0 \leq i < V; \\ Q \left(\frac{\rho_r}{V} \right)^{i-V} \left(1 - \frac{\rho_r}{V} \right) \left[1 - \left(\frac{\rho_r}{V} \right)^{k+1} \right]^{-1}, \rho_r \neq V, V \leq i \leq (V + K); \\ \frac{Q}{K+1}, \rho_r = V, V \leq i \leq (V + K). \end{cases} \quad (2)$$

где $R_0(R, V) = \left[\sum_{m=0}^V \frac{\rho_R^m}{m!} + \frac{\rho_R^V}{V!} \sum_{m=1}^K \left(\frac{\rho_R}{V} \right)^m \right]^{-1}$ – вероятность того, что в УК на об-

служивании нет пакетов приоритетов $\bar{1}, R$;

$Q = 1 - \sum_{i=0}^{V-1} P_i(R, V)$ – вероятность того, что все каналы УК заняты обслуж-

живанием суммарного потока пакетов приоритетов $r = \bar{1}, R$;

$\rho_r = \frac{\Lambda_r}{\mu}$ – суммарная входящая нагрузка пакетов с приоритетами $\bar{1}, r$;

$\Lambda_r = \sum_{i=1}^r \lambda_i$ – интенсивность суммарной нагрузки пакетов с приоритетами

$\bar{1}, r$;

L_r – средняя суммарная длина очереди пакетов приоритетов $\bar{1}, r$.

На основе стационарного распределения определены основные показатели функционирования УК: вероятность потери пакетов, средняя длина очереди и среднее время пребывания пакета в УК.

Был произведен расчет параметров качества для беспriorитетных систем и систем с приоритетами, для которых получены графические зависимости показателей качества функционирования от нагрузки на узел коммутации в зависимости от объема буфера и количества обслуживающих приборов.

Для беспriorитетной системы показано, что увеличение K приводит к увеличению l и t_m . С ростом ρ средняя длина очереди стремится к K . Среднее время пребывания имеет максимум при ρ , численно равной количеству ОП. Очевидно, что $P_{ном}$ увеличивается с ростом нагрузки на УК. Однако можно определить предельные нагрузки, при которых уже не обеспечиваются установленные нормы. Полученные результаты также позволяют при известной нагрузке на УК выбрать требуемую производительность, количество ОП и объем буфера, при которых обеспечиваются установленные нормы.

Для системы с приоритетами оценка показателей качества функционирования от нагрузки производилась при использовании в сети трафика 3-х приоритетов, что, как и в предыдущем случае позволяет определить допустимую нагрузку на УК для трафика каждого приоритета в зависимости от V и K при которых значение P_{nom} не превышает установленные нормы. Также рассмотрены характеристики УК при изменяющемся соотношении между объемом передаваемого трафика трех приоритетов.

Расчет t_{m} производился на основе характеристик реального оборудования, и поэтому во всех случаях не превышает установленные нормы.

Во второй главе также была построена математическая модель УК типа $M/D/V/K$, (с простейшими входящими потоками, коммутацией пакетов фиксированной длины, ограниченным буфером и управлением качеством обслуживания разнородного трафика на основе относительных приоритетов), что позволило определить нижние граничные оценки показателей качества – для наилучшего случая. Это дает возможность повысить эффективность использования оборудования и пропускной способности проектируемой сети с коммутацией пакетов.

На основе разработанной модели УК типа $M/D/V/K$ также был произведен анализ показателей качества функционирования в процессе передачи разнородного трафика. Был произведен сравнительный анализ с результатами «классического» УК типа $M_r/M/V/K$, который показал, что показатели качества функционирования УК типа $M_r/D/V/K$ дают более оптимистичные значения.

В третьей главе для реализации имитационного моделирования был проведен сравнительный анализ программных средств, имеющих широкое практическое применение для моделирования СМО: Arena, AnyLogic, GPSS World, а также направленных на непосредственное моделирование телекоммуникационных сетей: Modeler OPNET, NetMaker XA, BONES. Выявлено, что максимально полно для проведения ИМ подходит система GPSS World, которая ориентирована на описание широкого класса систем массового обслуживания в различных предметных областях. GPSS World обладает удобным пользовательским интерфейсом, встроенными средствами визуализации и интерактивного управления процессом моделирования, обширной библиотекой встроенных процедур, включающей, в том числе, генераторы случайных величин для множества вероятностных распределений. Все это делает процесс ИМ эффективным и наглядным.

Имитационное моделирование в среде GPSS World позволяет исследовать модели при различных типах входных потоков и интенсивностях поступления заявок на входы, при вариациях параметров УК, при различных дисциплинах обслуживания заявок.

Представлены результаты имитационного моделирования и проведен сравнительный анализ с результатами математического моделирования.

Полученные результаты в виде зависимостей показателей качества от характеристик функционирования сети позволят принимать обоснованные решения на этапе проектирования и повысить эффективность функционирования узлов коммутации сетей связи при передаче разнородного трафика с различными требованиями к качеству обслуживания.

Библиотека БГУИР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации произведено исследование показателей качества функционирования сети при использовании технологии пакетной коммутации. Исследование показателей качества производилось на основе модели узлов коммутации $M_r / M / V / K$ и $M_r / D / V / K$, в области беспriorитетных систем и систем с приоритетами.

В ходе магистерской диссертации на основе международных стандартов определено качество телекоммуникационных услуг, проведен сравнительный анализ моделей транспортных сетей, рассмотрена технология коммутации пакетов. Для сети передачи данных описаны показатели качества, а также представлены нормы на эти показатели в соответствии с международными и отечественными стандартами.

Разработаны математические модели УК типа $M_r / M / V / K$ и $M_r / D / V / K$ с ограниченным буфером, конечными значениями производительности узла коммутации и количества обслуживающих приборов. Проведено математическое моделирование УК и получены основные показатели качества: вероятность потери пакетов, среднее время пребывания в УК, а также коэффициент ошибок пакетов, что позволило оценить качество его функционирования.

Проведено имитационное моделирование, отражающее изменение состояния обслуживающих устройств во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы системы. Полученные в ходе ИМ результаты подтверждают правильность разработанных аналитических моделей УК и достоверность получаемых на их основе результатов.

Проведен анализ показателей качества функционирования сети ПД, основываясь на полученных данных математического и имитационного моделирования учитывая состав и характеристики оборудования и характер передаваемого трафика.

Математическое и имитационное моделирование являются эффективными методами исследования сетей передачи данных, предоставляющие возможность исследования любой сети с получением наиболее полных результатов, однако каждый вид моделирования имеет свои особенности.

При выборе метода моделирования сети передачи данных следует исходить из особенностей каждого метода моделирования и поставленных задач.

Выявленные зависимости параметров качества функционирования сети от характеристик сети и коммутационного оборудования позволят принимать обоснованные решения на этапе проектирования и повысить эффективность функционирования узлов коммутации сетей связи при передаче разнородного трафика с различными требованиями к качеству обслуживания.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Геростёнок, Ю.А. Оценка параметров качества сетей передачи данных / Ю.А. Геростёнок, Н.В. Тарченко // Современные средства связи: материалы XX международной научно-технической конференции. – Минск: УО ВГКС. – 2015. – С. 24-25.

Библиотека БГУИР