

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
имени Гумарбека Даукеева

Кафедра «Телекоммуникационные сети и системы»
Специальность: 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
PhD, доцент Темырканова Э.К.
(ученая степень, звание, ФИО)

(подпись)
« _____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка

на тему: «Исследование методов управления ресурсами мультисервисной сети»

Магистрант: Хамидулла Ж.Е. _____ группа МРЭТн-18-1
(Ф.И.О.) (подпись)

Руководитель: к.т.н., профессор _____ Казиева Г.С.
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Рецензент _____ _____
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Консультант по ВТ _____ _____
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Нормоконтроль: _____ _____
(ученая степень, звание) (подпись) (Ф.И.О.)

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
имени Гумарбека Даукеева

Институт Космической Инженерии и Телекоммуникаций

Специальность: 6M071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Кафедра: «Телекоммуникационные сети и системы»

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Хамидулла Жалгасу Ескалиулы
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации «Исследование методов управления ресурсами мультисервисной сети»

Утверждена Ученым советом университета №122 от «25» октября

Срок сдачи законченной диссертации «25»мая 2020г.

Цель исследования состоит в экспериментальной оценка методов управления ресурсами при работе разных устройств.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

1. Анализ информации по оценке качества управления сетью
2. Проведение экспериментальных исследований
3. Анализ полученных результатов
4. Расчет параметров управления ресурсами

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рисунок 2.2 - Зависимость пропускной способности от времени для оборудования OLT

Рисунок 2.3 - Зависимость пропускной способности от времени для оборудования ADSL

Рисунок 3.2 - Зависимость общей длины пакетов от количества принятых пакетов

Рисунок 3.3 - Зависимость скорости обработки пакетов от общей длины пакетов

Рисунок 3.4 - Зависимость скорости обработки пакетов от количества захваченных пакетов

Рекомендуемая основная литература

1. Безрук В.М., Буханько А.Н., Бидный Ю. М., Демин А.Н. Реализация двух подходов к управлению сетевыми ресурсами в телекоммуникационных системах с учетом совокупности показателей качества обслуживания Харьков: ХНУРЭ, 2002.

Г Р А Ф И К
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Анализ информации по оценке качества управления сетевыми ресурсами	05.10.2018	
2. Классификация методов управления ресурсами, балансировка информационных ресурсов в ТКС	14.01.2019	
3. Анализ параметров полученных при проведении экспериментальной части	02.02.2019	
4. Расчет транспортного ресурса, расчёт производительности гибкого коммутатора	18.10.2019	
5. Анализ полученных расчетных данных, заключение	10.12.2019	

Дата выдачи задания_30 сентября 2018г. _____

Заведующий кафедрой _____ (Темырканова Э.К.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Научный
руководитель диссертации _____ (Казиева Г.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению
магистрант _____ (Хамидулла Ж.Е.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Аннотация

В данной работе рассмотрены методы управления ресурсами при работе разных устройств и дана оценка этим методам, представлен информационный анализ по оценке качества управления сетью. Представлены методы принятия решения по эффективному управлению ресурсами. Рассмотрен адаптивный алгоритм оптимальной работы информационных телекоммуникационных ресурсов. Представлена информационная часть, в расчетной части рассмотрены работа транспортного ресурса для взаимодействия коммутаторов пакетной сети, а также производительность коммутаторов пакетной сети.

Abstract

In this paper, we consider the methods of resource management during the operation of different devices and evaluate these methods, provide an information analysis on assessing the quality of network management. Decision making methods for effective resource management are presented. The adaptive algorithm of optimal operation of telecommunication information resources is considered. The information part is presented, in the calculation part, the operation of the transport resource for the interaction of the packet network switches is considered, as well as the performance of the packet network switches.

Аңдатпа

Бұл жұмыста әртүрлі құрылғылардың жұмысы кезінде ресурстарды басқару әдістері қарастырылды және осы әдістерге баға берілді, желіні басқару сапасын бағалау бойынша ақпараттық талдау ұсынылды. Ресурстарды тиімді басқару бойынша шешім қабылдау әдістері ұсынылған. Телекоммуникациялық ресурстардың оңтайлы жұмысының бейімделу алгоритмі қарастырылды. Сондай-ақ, ақпараттық бөлім ұсынылған, есептік бөлімде пакеттік желі коммутаторларының өзара іс-қимылы үшін көлік ресурсының жұмысы, сондай-ақ пакеттік желі коммутаторларының өнімділігі қарастырылған.

Содержание

Введение	6
1 Анализ информации по оценке качества управления сетевыми ресурсами	9
1.1 Оценка показателей надежности. Формализация параметров качества	9
1.2 Методы принятия решений по эффективному управлению ресурсами	10
1.2.1 Классификация методов управления ресурсами	10
1.3 Система управления и мониторинга сетей NGN	15
1.4 Концепции управления сетевыми ресурсами	17
1.4.1 Критерии выбора типа информационной сети.	22
1.4.2 Сетевые службы.	23
1.4.3 Разработка адаптивного алгоритма балансировки трафика, позволяющего улучшения основных показателей качества обслуживания для некоторых случаев топологий сетей	24
1.4.4 Создание гибких, эффективных процедур управления динамически изменяющимся, многокритериальным, многоприоритетным трафиком участка ТКС и всей сети в целом на основе децентрализованной системы управляющих агентов.	25
1.4.5 Балансировка информационных ресурсов в ТКС на основе распределенной системы УА	26
1.4.6 Пример балансировки информационных ресурсов в ТКС (адаптивный алгоритм)	28
2 Экспериментальная часть	32
3 Расчетная часть	33
3.1 Расчет нагрузки, создаваемой пользователями мультисервисной сети	33
3.2 Расчет транспортного ресурса для взаимодействия коммутаторов пакетной сети	43
3.3 Расчёт производительности гибкого коммутатора	45
3.4 Расчет производительности коммутаторов пакетной сети	46
3.5 Определение емкостных параметров подключения	47
3.6 Описание применяемого оборудования для организации мультисервисной сети	48
3.7 Виртуальные буферы и алгоритмы планирования	52
3.8 Справедливо взвешенная очередь	54
3.9 Разделение пространства буфера	55
Заключение	59
Литература:	60
Приложение 1	62

Введение

Развитие широкополосного доступа привело к изменению не только структуры трафика на магистральном уровне, но и распределения доходов от услуг связи. Данный процесс не мог не сказаться на развитии операторских сетей, в которых все больше ресурсов выделялось под обработку трафика данных. Такое развитие событий инициировало активное внедрение в операторских сетях технологий пакетной передачи [1-4].

Для управления современной сетью передачи данных необходимо применять эффективные методы маршрутизации, управления трафиком и контроля загруженности сети, которые основывались бы на данных, предоставляемых инструментом прогнозирования трафика на основе предыдущих значений. Графическая информация, голосовые данные, а также видео приложения предъявляют свои особые требования к таким сетям.

Для удовлетворения всех запросов одного увеличения емкости сети недостаточно. Поскольку количество пользователей различных сетевых приложений увеличивается с каждым днем, сеть нуждается в средствах, которые обеспечили бы поддержку как существующих, так и появляющихся приложений и служб.

Перспективные мультисервисные телекоммуникационные системы (ТКС), которые являются основой для формирования сетей следующего поколения (DWDM), значительно зависимы от развития соответствующих средств сетевого управления. К главным таким средствам принадлежат механизмы управления трафиком (информационный ресурс) и возможности распределения пропускной способности трактов передачи ТКС.

Управление операциями включает в себя управление распределенными сетевыми ресурсами из центрального пункта. Оно предусматривает два набора функций: услуги общих операций (common operations service) и услуги управления операциями (operations management services).

Среди основных признаков системы следует назвать: множественность элементов, целостность и единство между ними, наличие определённой структуры и т.д. Вместе с тем система имеет свойства, отличные от свойств своих элементов. Всякая система, в общем виде, имеет входное воздействие, систему обработки, конечные результаты и обратную связь.

Управление – это процесс воздействия на систему с целью поддержания заданного или перевода её в новое состояние.

Система управления – совокупность всех элементов, подсистем и коммуникаций между ними, а также процессов, обеспечивающих заданное (целенаправленное) функционирование организации.

Основными системными принципами являются:

- 1) целостность – несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и невыводимость из последних свойств целого;
- 2) структурность – возможность описания системы через установление

ее структуры, т. е. обусловленность поведения системы не столько поведением ее отдельных элементов, сколько свойствами ее структуры;

3) взаимозависимость структуры и среды – система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь при этом активным элементом взаимодействия;

4) иерархичность – каждый элемент системы в свою очередь может рассматриваться как система, а исследуемая система представляет собой один из элементов более широкой, глобальной системы;

5) множественность описания каждой системы, дающее макроскопическое, микроскопическое, иерархическое, функциональное и процессуальное представление о системе. В связи с этим задачей системного подхода является идентифицировать целое, объяснить поведение и свойства целого с точки зрения его роли и функции.

Система управления с позиции системного подхода может быть определена как:

- концептуальная, если она рассматривается как модель системы управления;

- эмпирическая, если рассматривается конкретная организация;

- искусственная, поскольку она создана и используется людьми;

- «человеко-машинная» («человекокомпьютерная»), поскольку в контур управления включена автоматизированная информационная система;

- замкнутая или открытая в зависимости от решаемых задач и используемой для этого информации – только внутренней или связанной с окружающей средой;

- временная, поскольку она периодически подвергается формальным или неформальным изменениям.

Принципы управления – не что иное, как исходные, фундаментальные, базовые идеи управленческой деятельности, а также важнейшие требования, соблюдение которых обеспечивает ее эффективность. Принципы управления являются важнейшим элементом механизма управления, так как произрастают они из законов и закономерностей управления, и тем самым отражают объективную реальность. Вместе с тем, принципы принадлежат субъекту, и в этой связи они имеют субъективный характер. Такая двойственность природы принципов управления требует определенного, взвешенного отношения к ним как руководству к действиям.

ISO внесла большой вклад в стандартизацию сетей. Модель управления сети этой организации является основным средством для понимания главных функций систем управления сети. Эта модель состоит из 5 концептуальных областей:

1. Управление эффективностью
2. Управление конфигурацией
3. Управление учетом использования ресурсов
4. Управление неисправностями
5. Управление защитой данных

Цель управления учетом использования ресурсов - измерение параметров использования сети, чтобы можно было соответствующим образом регулировать ее использование индивидуальными или групповыми пользователями. Такое регулирование минимизирует число проблем в сети (т.к. ресурсы сети могут быть поделены исходя из возможностей источника) и максимизировать равнодоступность к сети для всех пользователей [31,32].

Как и для случая управления эффективностью, первым шагом к соответствующему управлению учетом использования ресурсов является измерение коэффициента использования всех важных сетевых ресурсов. Анализ результатов дает возможность понять текущую картину использования. В этой точке могут быть установлены доли пользования. Для достижения оптимальной практики получения доступа может потребоваться определенная коррекция. Начиная с этого момента, последующие измерения использования ресурсов могут выдавать информацию о выставленных счетах, наряду с информацией, использованной для оценки наличия равнодоступности и оптимального коэффициента использования. Целью данной работы является – оценка методов управления ресурсами при работе разных устройств.

Задача исследования.

1. Анализ информации по оценке качества управления сетью.
 - Выбор показателей надежности. Формализация параметров качества
 - Методы принятия решений по эффективному управлению ресурсами
 - Классификация методов управления ресурсами
 - Концепции управления сетевыми ресурсами
2. Проведение экспериментальных исследований.
3. Расчет полученных результатов.

1 Анализ информации по оценке качества управления сетевыми ресурсами

1.1 Оценка показателей надежности. Формализация параметров качества

В связи с интенсивным внедрением новых технологий, позволяющих операторам сетей связи предоставлять пользователям широкий спектр современных услуг, произошло значительное усовершенствование ресурсов самих сетей связи. Потребность в большей пропускной способности телекоммуникационных сетей постоянно увеличивается. Удовлетворение этих потребностей требует использования большого числа протоколов и механизмов контроля и управления ресурсами телекоммуникационных сетей.

На первый взгляд, как может показаться, внедрение на сеть множества разнородных подсистем, дополняющих друг друга и существенно улучшающих характеристики сети в целом, привело к созданию высоконадежных систем связи. Возможность постоянного наблюдения за состоянием сети, контроль за работоспособностью ее отдельных элементов и оперативное вмешательство в их работу в случае обнаружения перегрузки на сети или сбоя при обслуживании группы вызовов обеспечивает достаточно высокие показатели надежности ее эксплуатации.

Однако анализ эффективности функционирования сложных систем, к которым, безусловно, относится и современная сеть связи, показывает большое число недостатков в управлении сетевыми элементами. Например, передача служебных сигналов различных протоколов, используемых для управления элементами сети на разных уровнях согласно модели взаимодействия открытых систем (OSI), занимает в некоторых сетях до 22% всей их пропускной способности. Также при обнаружении неисправности в одном из элементов сети не предусматривается его автоматическая инициализация/перезагрузка, что приводит к большим задержкам в восстановлении связи.

Если добавить к этому, что внутренняя система контроля за элементом сети охватывает только определенный перечень ошибок и неисправностей и не учитывает нарушений нормальной работы, произошедших по вине обслуживающего персонала или вызванных воздействием внешних факторов, то встает вопрос: какие же статистические данные необходимы для определения реальных показателей надежности функционирования сетей связи?

Разработка определенной методики сбора и обработки эксплуатационных данных тоже представляет определенный интерес. Необходимость применять статистические методы оценки функционирования технологических процессов в сетях связи определила задачу выявить круг статистических данных (эксплуатационных показателей надежности), с помощью которых впоследствии можно предоставить расчетные качественные показатели работоспособности всей сети с учетом ее

конфигурации, технической оснащенности и т. п. Ниже приведены некоторые рекомендации по сбору и обработке статистических данных как исходных для оценки качества управления сетями связи и сетевыми ресурсами.

Анализируя работу системы оперативного контроля и диагностики в современных российских сетях, можно говорить о том, что в настоящее время развитие цифровой сети поставило на повестку дня разработку систем управления нового поколения с целью обеспечить комплексное автоматизированное управление первичной и вторичными цифровыми сетями связи и повысить эффективность использования их ресурсов.

В Рекомендациях МСЭ-Т по TMN серий M и Q (в частности, M.3010, M.3200, M.3400) задачи системы управления сетями связи разделены на пять областей (см. таблицу выше) [5-6]. Все перечисленные в таблице задачи тесно взаимосвязаны между собой. Так, например, невозможно решить проблемы реконфигурации сети, ее оперативного перестроения или регулирования трафика без сбора и анализа статистических данных о функционировании отдельных ее элементов, к которым относится не только коммутационное оборудование, но и системы методы принятия решений по эффективному управлению ресурсами

1.2 Методы принятия решений по эффективному управлению ресурсами

1.2.1 Классификация методов управления ресурсами

Управление ресурсами предполагает выполнение трех основных функций: 1) планирование, 2) организация, 3) контроль и анализ. В пределах каждой функции применяются свои методы управления.

Методы планирования. Планирование призвано обосновать комплекс работ и потребность в ресурсах для достижения поставленных целей. Основными методами планирования являются: разработка показателей, прогнозирование, нормирование, сетевое планирование, экономико-математическое моделирование.

Разработка показателей направлена на построение критериев, по которым оценивается деятельность подразделений, предприятия в целом, а также эффективность применения ресурсов. Требования к показателям включают:

- максимальное соответствие реальным процессам;
- возможность точной количественной оценки;
- возможность воздействия на величину показателей в ходе выполнения производственных заданий;
- пригодность показателей для мониторинга.

Прогнозирование позволяет установить перспективные направления и темпы развития технологических систем. Основное назначение прогноза состоит в раскрытии тенденции изменения микро- и макроэкономической среды.

Математическое моделирование позволяет имитировать и

анализировать многовариантные ситуации, оно ускоряет подготовку решений и страхует от грубых ошибок в применении ресурсов.

Методы организации. Организация как функция управления призвана обеспечить разделение ролей, ответственности и взаимодействия исполнителей, а также физическое распределение ресурсов в пространстве и времени.

Основными методами здесь являются: административные, социально-психологические, организационно-экономические.

Административные методы включают: установление порядка деловых взаимоотношений; инструктирование; организационное воздействие; распорядительное воздействие; дисциплинарное воздействие.

Социально-психологические методы основываются на общественно значимых морально-этических категориях и ценностях.

Методы контроля. Контроль призван обеспечить выполнение намеченного трафика, а при необходимости послужить основанием для корректировки плана. Вследствие непредсказуемых изменений внешнего окружения и непредвиденных внутренних обстоятельств могут отличаться от запланированных. Кроме того, длительность выполнения отдельных работ, с течением времени могут измениться и потребности, для удовлетворения которых разрабатывался трафик. Внесение изменений является обычным явлением при исполнении любого плана.

Основными принципами построения эффективной системы контроля.

- наличие четких, содержательных планов, ход выполнения которых поддается контролю;

- наличие ясной системы отчетности. Отчеты должны отображать состояние проекта относительно исходных планов на основании единых подходов и критериев. Процедуры подготовки и получения отчетов должны быть четкими и достаточно простыми. Отчеты должны сдаваться в соответствии с установленным трафиком;

- наличие эффективной системы анализа фактических показателей и тенденций;

- наличие эффективной системы реагирования. Завершающим шагом процесса контроля являются действия, предпринимаемые руководством и направленные на преодоление отклонений в ходе работ проекта. Эти действия могут быть направлены на исправление выявленных недостатков и преодоление негативных тенденций в рамках проекта. В ряде случаев может потребоваться пересмотр трафика.

Методами контроля являются: мониторинг, регистрация выполнения работ.

Мониторинг предполагает постоянное сопоставление фактических результатов с трафиком, нормативами, стандартами.

Регистрация выполнения работ может осуществляться по простой схеме, при которой работа считается выполненной только, когда достигнут ее конечный результат, а также - по детальной или промежуточной схеме.

Детальный контроль предполагает оценивание степени завершенности работ с любой точностью в интервале от 0 до 100%. Промежуточная схема допускает разделение работ на отдельные этапы, вехи и последующий контроль достижения этих промежуточных результатов.

Особое место среди методов управления ресурсами занимают статистический метод и деловые игры (ситуационный анализ).

Статистический метод применяется практически на всех стадиях управления ресурсами: от разработки показателей до регистрации выполнения работ.

Рассмотрим некоторые приложения методов управления ресурсами, Математическое моделирование позволяет имитировать и анализировать многовариантные ситуации, оно ускоряет подготовку решений и страхует от грубых ошибок в применении ресурсов.

Методы организации. Организация как функция управления призвана обеспечить разделение ролей, ответственности и взаимодействия исполнителей, а также физическое распределение ресурсов в пространстве и времени.

Методы управления ресурсами используют модель, представляющую организацию как систему ресурсов (финансов, материальных запасов, кадров), принадлежащих владельцам – юридическим лицам, структурным подразделениям, физическим лицам.

Все процессы описываются как проводки (операции), отражающие перемещение ресурсов между владельцами.

Сюда относятся: управление финансами, материальными запасами,

Основная цель управления для этого метода – обеспечение ресурсами и контроль над ними.

Метод управления хорошо описывается, моделями ставшими стандартами:

Планирование производственных ресурсов (MRP II);

Планирования всех ресурсов предприятия (ERP).

В качестве универсального языка представления используются балансовые модели с языком проводок. Методы этой группы поддерживаются широким спектром прикладного программного обеспечения, при этом наиболее распространены бухгалтерские системы.

Кроме того, следует отметить: для того, чтобы обеспечить решение комплекса оперативных задач каждое подразделение оперативно-технического управления должно хранить массивы статической конфигурационной информации с целью описания сетевых узлов и станций, зонных сетей, всех пунктов управления, а также иметь в своем распоряжении данные, влияющие на функционирование всех составляющих взаимосвязанной сети.

В общем виде база данных – это набор однородной, упорядоченной по некоему критерию информации. Она может быть представлена в «бумажном» или компьютерном виде.

Имея автоматизированные компьютерные картотеки и программные модули, можно в несколько раз увеличить эффективность работы персонала и тем самым уменьшить такой важный показатель надежности функционирования, как коэффициент простоя сети связи. В настоящее время результаты анализа работы сети связи представляются в виде диаграмм, учитывающих долю обслуженных вызовов и отказов в обслуживании. Причины, по которым был отказ, в основном классифицируются по таким признакам, как неправильный набор номера или неполный набор, фиксирование состояния абонента (заблокирован, занят), отсутствие линейных сигналов.

Однако такой важный параметр, как перегрузка на линии, тоже фиксируемый в соответствии с нормативными требованиями, не дает представления о действительной причине перегрузки. А это могут быть ошибки сигнализации, логическое отсутствие соединительных путей (блокирование физического канала) или попытки одновременно занять несколько линейных комплектов/каналов при двусторонней линии связи. Приблизительно такая картина учета и анализа работы наблюдается на сетях в настоящее время.

Что же необходимо предпринимать в такой ситуации? Прежде всего разработать программу обработки статистических данных и составления квартальных и годового отчетов о качестве работы внутризоновой первичной сети. При этом предварительно следует решить, какие именно статистические данные подлежат сбору и в каких объемах.

Далее нужно разработать программу учета повреждений на сети связи для каждого информационно-исполнительного пункта, т. е. подразделения по сбору статистических данных, и выработать на их основе оперативные технологические решения. Эту программу можно использовать для получения информации по любому сетевому элементу — допустим, за какой-то период времени (сутки, месяц, квартал, полугодие и т. п.) с возможностью классификации повреждений по разным признакам. Ведение таких карточек контроля позволяет увидеть число повреждений каждого контролируемого объекта, характер, время простоя и хронологию устранения повреждения и затем использовать эту информацию для дальнейшего документирования и получения статистических данных.

В настоящее время в большинстве узлов управления составление ежеквартального отчета о качестве работы, например, внутризоновой первичной сети ведется на основе суточных сводок ее состояния и карточек контроля, представляющих собой записи в компьютерной базе данных. Однако использовать эти данные для составления отчета без специальной программы, которая отражала бы все повреждения каждого элемента сети и ведущую классификацию повреждений, довольно трудоемко.

И наконец, необходимо автоматизировать процедуру получения так называемых «обходов и замен», т. е. способов восстановления связи путем настройки временного пути обхода или замены сетевого элемента. Эта

программа может заменить имеющуюся на данный момент обычную «бумажную» картотеку «Графики обходов и замен» (ГОЗ, технологические карты, тип 4) на более совершенную — автоматизированную с широким спектром возможностей. Создание такой программы поможет оперативно-техническому персоналу быстро найти нужную технологическую карту ГОЗ и тем самым в более короткий срок организовать обходные пути для вышедшего из строя контролируемого объекта связи.

Все исходные параметры надежности функционирования сетей связи в системах управления с точки зрения их статистической оценки можно разбить на две группы:

- Интенсивности событий, являющиеся параметрами экспоненциального распределения (к ним относятся, например, интенсивности потока отказов, восстановления элементов сети, проведения периодического контроля и др.);

- Вероятности событий, вычисляемые как соотношения чисел соответствующих событий, т. е. стандартные ошибки контроля I, II, III рода (соответственно ложный отказ, пропущенный отказ и неработоспособность устройства по вине обслуживающего персонала).

При оценке интенсивности событий выборка может быть как полностью определенной (т. е. такая, в которой все значения случайной величины определены), так и не полностью определенной, в которой известна только часть значений случайной величины, меньшей заданного диапазона.

Полностью определенной выборкой характеризуются интенсивности таких событий, число которых ограничено и поддается формальному учету. Это процедуры восстановления, завершения проверки функционирования сети или ее элемента, например цифровой системы коммутации, а также интенсивность периодического контроля за работоспособностью сети.

Все события, происходящие на сети, регистрируются, как правило, системой контроля и обслуживающим персоналом при прямых наблюдениях.

Для оценки вероятности событий необходимо фиксировать число событий, соответствующее каждому состоянию элемента сети. Эта задача легко выполнима при современных возможностях систем мониторинга сети.

С целью реализации предлагаемой методики с их помощью необходимо регистрировать следующие параметры для определенной группы однотипных устройств или элементов сети:

- суммарное время наблюдения;
- суммарное число проведенных периодических проверок;
- число устройств или элементов сети, попавших на восстановление с отказами, обнаруживаемыми разными видами контроля;
- число устройств, попавших на восстановление в работоспособном состоянии по ошибке;
- моменты времени обнаружения отказавшего элемента и включения его в рабочую конфигурацию.

В статьях, посвященных рассматриваемой теме, обычно даются математические модели, позволяющие вывести аналитические выражения

для определения требуемых показателей. Однако точность математических расчетов зависит прежде всего от достоверности параметров, используемых в формулах расчета. А их достоверность может быть обеспечена только при прямых наблюдениях за функционированием сети в реальном времени и оперативной обработке этой информации.

1.3 Система управления и мониторинга сетей NGN

Одной из главных особенностей систем управления сетями является открытая модульная архитектура, позволяющая разрабатывать и внедрять новые модули, работать с существующими приложениями и модернизировать существующие модули. С точки зрения управления и мониторинга, сети NGN будут состоять из большего числа разнотипных компонентов, а не из сравнительно небольшого количества менее разнобразных крупных коммутационных устройств, как сейчас.

Кроме того, для реализации интегрированного управления системами и сетями независимо от их производителя и технологии в NGN будет поддерживаться большее число интерфейсов, чем в существующих сетях (могут использоваться разнобразные стандарты и протоколы, такие как, SNMP, OSI, ASCII, CORBA), и более высокая пропускная способность. Все это ведет к необходимости пересмотра принципов и подходов к сетевому управлению для NGN.

Система управления NGN должна представлять собой набор решений, обеспечивающих управление сетями, реализованными на базе различных технологий (фиксированные и мобильные телефонные сети, сети передачи данных, сигнализации и т.д.), предоставляющих различные услуги и построенных на оборудовании различных производителей. Система управления будет строиться с использованием объектно-ориентированной распределенной структуры, при этом ее интерфейсы должны быть открытыми – отличительными чертами подобных интерфейсов являются:

- стандартизированные протоколы (например, POP, SMTP, SNMP, FTP, FTAM и др.);
- использование формальных языков для описания стандартизированных интерфейсов (например, CORBA IDL, JAVA, GDMO, ASN1. и др.);
- стабильность, которая позволяет вносить только те изменения, которые будут обратно совместимы.

Например, для отправки аварийных сообщений могут использоваться протоколы SMTP, SNMP или CORBA с использованием объектной модели, определенной в рекомендации X.733; для организации услуг могут использоваться интерфейсы CORBA; для пересылки данных о рабочих характеристиках может применяться протокол FTP.

Основные требования, предъявляемые к системам управления NGN:

- подготовленное решение на практике должно реализовываться в сжатые сроки;
- структуры открытых систем должны обеспечивать гибкость реализации и совместимость с другими решениями, высокую надежность, и как результат – качество обслуживания;
- оператор должен иметь возможность модифицировать программное обеспечение для реализации специфических функций и вводить новые услуги через изменение конфигурации;
- компонентные решения упрощают возможности оператора по введению новых пользователей и функций;
- масштабируемость и гибкость, позволяющие легко адаптироваться к быстро появляющимся новым технологиям и продуктам, а также к изменяющимся потребностям пользователей. Для упрощения управления целесообразно иметь отдельные подсистемы управления различных областей транспортной сети (WDM, SDH, ATM и др.), передачи данных и речи.

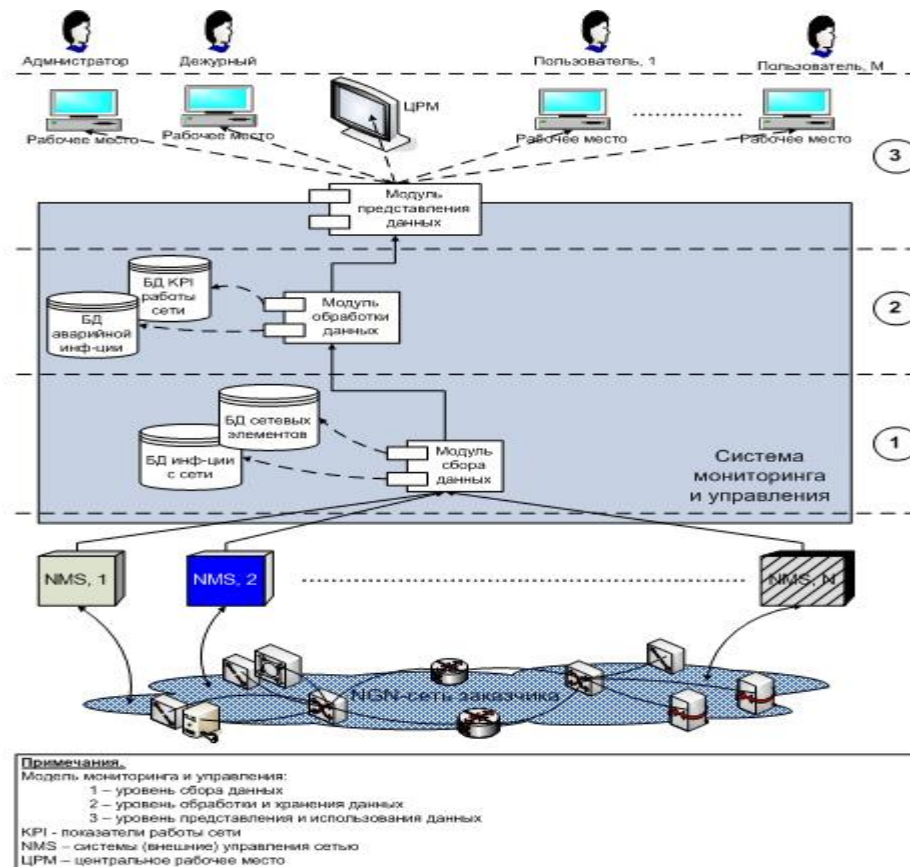


Рисунок 1.1 - Функциональная схема системы мониторинга и управления NGN-сетью

Для организации управления сетевыми ресурсами в мультисервисных сетях необходимо взаимодействие систем управления, принадлежащих различным операторам и поставщикам услуг, посредством

вышестоящей системы мониторинга над подсистемами управления. Задачи конфигурации, контроля качества и аварийного надзора в пределах сети одного оператора будут внутренними, а задачи предоставления и обеспечения качества услуг из конца в конец будут решаться совместно операторами различных сетей.

Для централизации мониторинга сети NGN они могут объединяться в интегрированные подсистемы управления транспортной сетью и услугами с вышестоящей системой мониторинга и управления.

Модульная структура предполагает наличие интегрированных блоков, выполняющих различные задачи управления и мониторинга:

- аварийный надзор;
- управление топологией;
- мониторинг и управление безопасностью;
- управление системами и процессами.

Данные блоки должны интегрировать функции отдельных подсистем управления, например, отображение аварий от нескольких областей управления на одном и том же пользовательском интерфейсе, отображение всей топологии, обеспечение общего управления безопасностью. Управление качеством должно осуществляться на уровне управления вызовом и внутри пакетной сети. Необходимо обеспечить взаимодействие с системой управления как новых поставщиков услуг, поставщиков информации, так и пользователей.

Вышестоящая система мониторинга (рисунок 1.1) над подсистемами управления обеспечивает централизованное управление авариями и сетевой топологией, функции совместного мониторинга и управления сетью и услугами, рабочее место оператора является центральной точкой создания всех индивидуальных функций управления.

1.4 Концепции управления сетевыми ресурсами

В зависимости от концепции управления распределением сетевых ресурсов и функциональных возможностей аппаратно-программных средств абонентских систем (АС) все информационные сети могут быть разделены на три типа:

- одноранговые сети;
- сети типа «клиент-сервер»;
- гибридные сети.

Основу одноранговых сетей составляют универсальные (одноранговые) абонентские системы, способные как потреблять сетевые ресурсы (формировать запросы к внешним серверам), так и предоставлять собственные ресурсы другим абонентским системам сети (обрабатывать запросы от внешних клиентов).

Упрощенная структурная схема одноранговой сетевой абонентской системы приведена на рис.1.2. Взаимодействие абонентской системы с внешними серверами и клиентами осуществляется с помощью локальных

телекоммуникационных средств (ТКС).

Сети типа «клиент-сервер» строятся на основе клиентских и серверных абонентских систем, которые называются клиентами и серверами и ориентированы соответственно на потребление и предоставление сетевых ресурсов. Их структурные схемы приведены на рис.1.3 и рис.1.4.

Гибридные сети строятся на основе объединения сегментов одноранговых сетей и сетей типа «клиент-сервер».

Каждый из этих типов сетей имеет свои достоинства и недостатки, определяющие их функциональные возможности и сферы применения.

Рассмотрим более подробно особенности построения и функционирования сетей ЭВМ указанных типов.

Одноранговая сеть ЭВМ – это информационная сеть, в которой ее ресурсы рассредоточены по всем абонентским системам.

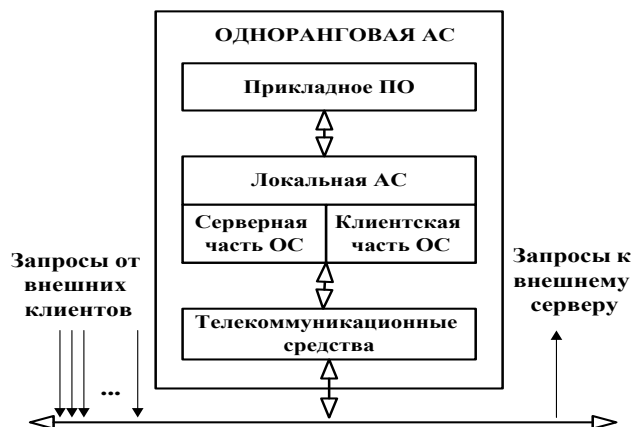


Рисунок 1.2 - Одноранговая абонентская система

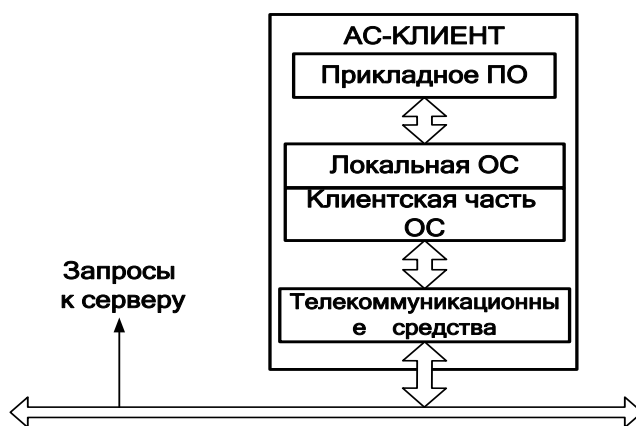


Рисунок 1.3 - Клиентская абонентская система



Рисунок 1.4 - Сервисная абонентская система

В одноранговых сетях (рис.1.5) все абонентские системы имеют равные потенциальные возможности доступа к аппаратно-программным ресурсам друг друга. При этом пользователи с помощью программных настроек имеют возможность изменять конфигурацию, ограничивать или запрещать широкий доступ к отдельным ресурсам собственных абонентских систем

В одноранговых сетях вычислительные средства всех абонентских систем функционируют под управлением локальных однотипных операционных систем, (ОС) в состав которых входят одновременно клиентские (К) и сервисные (С) модули сетевых служб. Сетевые операционные системы такого типа называются одноранговыми ОС.

Сферой применения одноранговых сетей ЭВМ главным образом являются небольшие организации и учреждения, количество сетевых абонентских систем в которых не превышает 15-20 штук, и между ними отсутствует высокоинтенсивный трафик.

К основным достоинствам одноранговых сетей ЭВМ можно отнести следующее:

- простота и малые затраты при развертывании, настройке и эксплуатации;
- функциональные возможности отдельных сетевых абонентских систем не зависят друг от друга;
- не требуют централизованного администрирования;
- пользователи абонентских систем имеют возможность индивидуальной настройки их конфигурации.

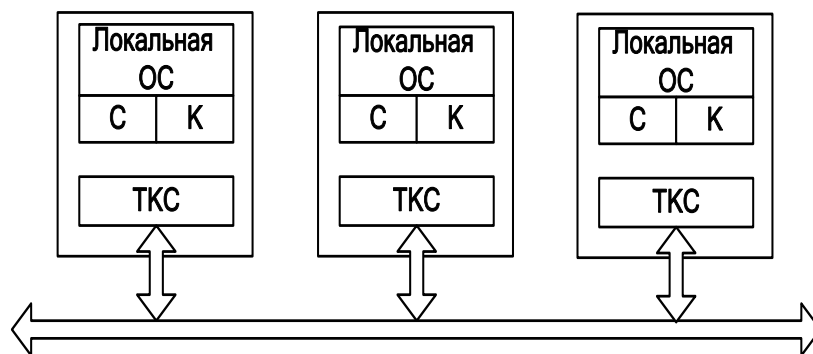


Рисунок 1.5 - Одноранговая сеть

К недостаткам одноранговых сетей можно отнести следующее:

- резкое снижение эффективности функционирования сети при увеличении до 20 и более числа абонентских систем;
- при интенсивном обращении к разделяемым ресурсам конкретных абонентских систем могут возникать существенные временные задержки в обслуживании запросов;
- отключение от сети отдельных абонентских систем приводит к потере их аппаратно-программных ресурсов;
- отсутствие централизованного управления усложняет конфигурирование сетевых ресурсов и организацию их безопасного использования.

Сеть ЭВМ типа «клиент-сервер» - это информационная сеть, в которой основная часть ее ресурсов сосредоточена в сервисных абонентских системах, называемых серверами, обслуживающих запросы клиентских абонентских систем, называемых клиентами (рис.1.6).

На серверах устанавливаются специализированные операционные системы, оптимизированные для эффективного обслуживания запросов от клиентских абонентских систем. Такие операционные системы называются серверными ОС. Клиентские абонентские системы работают под управлением клиентских ОС.

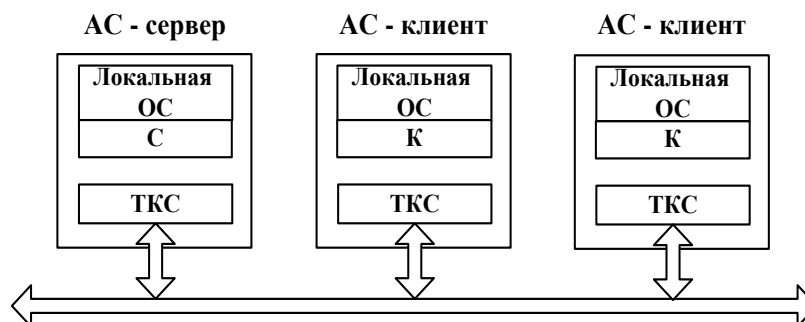


Рисунок 1.6 - Сеть типа «клиент-сервер»

При существовании в сети сотен или даже тысяч клиентских абонентских систем интенсивность запросов от них к разделяемым ресурсам серверов может быть очень значительной, и серверы должны справляться с такими потоками запросов без существенных задержек. Поэтому в качестве серверов обычно используются компьютеры с мощной аппаратной платформой и операционной системой, оптимизированной для серверных функций.

К основным свойствам серверных операционных систем можно отнести следующее:

- поддержка мощных аппаратных платформ, в том числе мультипроцессорных;
- поддержка большого числа одновременно выполняемых процессов и сетевых соединений;
- наличие в составе ОС компонентов централизованного администрирования сети (например, справочной службы или службы аутентификации и авторизации пользователей сети);
- более широкий набор сетевых служб.

Клиентские операционные системы обычно освобождаются от серверных функций, что значительно упрощает их организацию. Это позволяет значительно расширить возможности реализованного в них пользовательского интерфейса и клиентских частей сетевых служб. Наиболее простые клиентские ОС поддерживают только базовые сетевые службы, обычно файловую и службу печати. В то же время существуют так называемые универсальные клиенты, которые поддерживают широкий набор клиентских частей, позволяющих им работать практически со всеми серверами сети.

Большинство сетевых операционных систем выпускаются в двух версиях. Одна версия предназначена для работы в качестве серверной ОС, а другая - для работы на клиентской абонентской системе. Эти версии чаще всего основаны на одном и том же базовом коде, но отличаются набором служб и утилит, а также параметрами конфигурации, в том числе устанавливаемыми по умолчанию и не подлежащими изменению.

Сети «клиент-сервер» обычно имеют лучшие функциональные характеристики и повышенную надежность по сравнению с одноранговыми сетями. Серверы владеют главными ресурсами сети, к которым обращаются сетевые клиенты.

Сети типа «клиент - сервер» имеют следующие достоинства:

- позволяют организовывать сети с большим количеством абонентских систем;
- обеспечивают централизованное управление учетными записями пользователей, безопасностью и доступом, что упрощает сетевое администрирование;
- эффективный доступ к сетевым ресурсам;
- пользователю нужен один пароль для входа в сеть и для получения доступа ко всем ресурсам, на которые распространяются права пользователя.

Наряду с достоинствами сети «клиент - сервер» имеют и ряд недостатков:

- неисправность сервера может сделать сеть неработоспособной, как минимум привести к потере сетевых ресурсов;
- требуют квалифицированного персонала для администрирования;
- имеют более высокую стоимость сетей и сетевого оборудования.

Гибридные сети. В больших сетях наряду с отношениями «клиент-

сервер» сохраняется необходимость и в одноранговых связях, поэтому такие сети чаще всего строятся по гибридной схеме (рис.1.7).

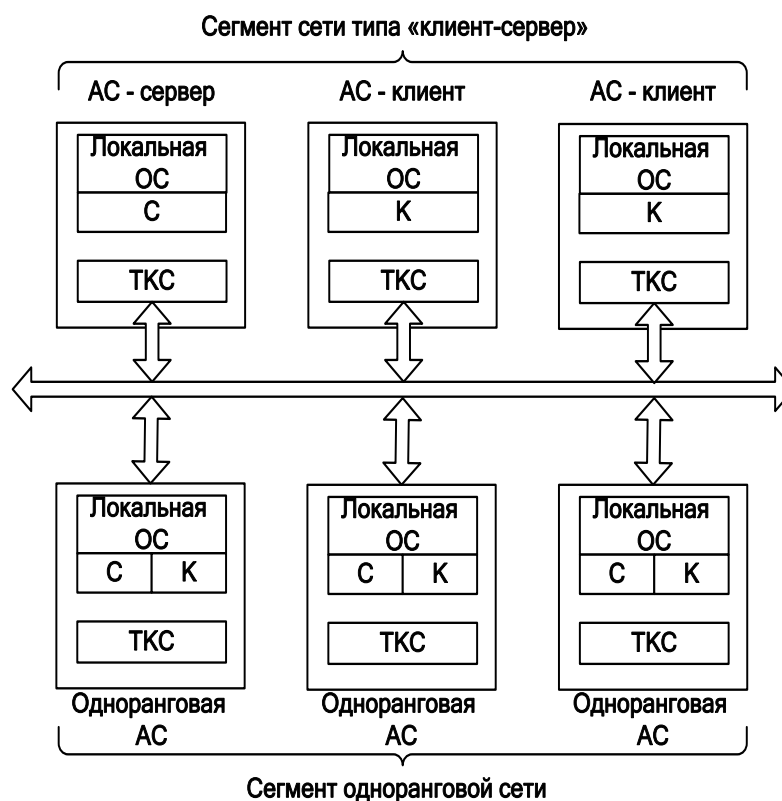


Рисунок 1.7 - Гибридная сеть

1.4.1 Критерии выбора типа информационной сети

Выбор типа сети зависит от ее назначения, количества сетевых абонентских систем и от рода выполняемых на них работ. Критерии выбора одноранговой сети:

- количество клиентских абонентских систем не превышает десяти;
- все абонентские системы размещены относительно близко друг от друга;
- имеют место ограниченные финансовые возможности по созданию и эксплуатации сети;
- нет необходимости в специализированном сервере, таком как сервер баз данных, факс-сервер или каком-либо другом;
- нет возможности или необходимости в централизованном администрировании.

Критерии выбора сети ЭВМ типа «клиент-сервер»:

- количество клиентских абонентских систем превышает десяти;
- требуется централизованное управление, безопасность, управление ресурсами или резервное копирование больших объемов данных;
- необходим специализированный сервер;
- нужен доступ к глобальной сети;

- требуется разделять ресурсы на уровне пользователей.

1.4.2 Сетевые службы

Сетевые службы - это совокупность программно-реализованных модулей сетевой операционной системы или специализированных утилит, предоставляющих сетевым администраторам возможности эффективного управления сетью, а конечным пользователям - возможности эффективной работы с информационными ресурсами сети. Все сетевые службы реализуются на основе принципа «клиент - сервер».

К наиболее широкому распространению относятся следующие сетевые службы:

- служба каталогов – обеспечивает поиск, идентификацию и управление всеми ресурсами сети;

- служба удаленного доступа – позволяет удаленным пользователям подключаться к сетевым ресурсам по выделенным или коммутируемым каналам связи;

- файловая служба – обеспечивает доступ к распределенным файловым ресурсам сети;

- служба сценариев – поддерживает исполнение сценариев автоматизированного администрирования и мониторинга сетевых ресурсов;

- служба терминаторов – предоставляет доступ пользователям клиентских абонентских систем к приложениям, которые могут выполняться только на сетевых серверах;

- служба безопасности – обеспечивает присвоение и управление правами доступа пользователей к сетевым ресурсам;

- службы групповой политики – обеспечивают возможность сетевым администраторам объединять пользователей в группы по определенным признакам, и организуют корректную совместную работу пользователей клиентских абонентских систем в сети.

Существуют и другие службы, решающие более специфические задачи, например, задачи, связанные с распределенной обработкой данных. К таким задачам относятся обеспечение непротиворечивости нескольких копий данных, размещенных в разных абонентских системах (служба репликации), или организация выполнения одной задачи параллельно несколькими абонентскими системами (служба вызова удаленных процедур) и т.п.

Программные модули основных (наиболее часто используемых) служб обычно включаются в состав сетевых операционных систем. Вспомогательные службы (служба баз данных, факсимильной связи, служба передачи голоса и т.п.) реализуются в виде системных сетевых приложений или утилит, работающих в тесном взаимодействии с операционной

системой.

Одним из главных показателей качества сетевых служб является удобство их использования. Данный показатель является субъективным, поэтому для одного и того же сетевого ресурса может быть разработан несколько служб, по-разному решающих одну и ту же задачу. Отличия могут заключаться в производительности, интерфейсных возможностях и т.п.

При определении степени удобства работы с сетевыми ресурсами часто употребляется термин «прозрачность». Прозрачный доступ к сетевому ресурсу – это такой доступ, при котором пользователь работает с удаленными ресурсами по тем же правилам, что и с ресурсами собственной абонентской системы.

Предлагается модель балансировки информационных ресурсов в мультисервисных сетях на основе децентрализованной системы управляющих агентов, преимущество которой заключается в учете выбираемых показателей качества, а также стандартной метрики протокола маршрутизации. Рассматривается адаптивный алгоритм балансировки трафика, позволяющий улучшить основные показатели качества обслуживания для частных случаев топологий сетей. Имитационное моделирование проводится с использованием специально разработанного программного комплекса. Внедрение предложеной модели и алгоритма в практические разработки способно уменьшить локальные перегрузки в отдельных узлах, адаптировать сеть к трафику, характерному для мультисервисных приложений.

1.4.3 Разработка адаптивного алгоритма балансировки трафика, позволяющего улучшения основных показателей качества обслуживания для некоторых случаев топологий сетей

Процесс развития перспективных мультисервисных телекоммуникационных систем (ТКС), являющихся базой для создания и использования сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN), существенно зависит от развития их средств управления.

К основным таким средствам относятся механизмы управления трафиком, который представляет собой информационный ресурс, а также средства распределения пропускной способности (ПС) каналов связи (КС), являющейся канальным ресурсом ТКС [1, 2].

Как показал проведенный анализ [7-12], существующие средства управления сетевыми ресурсами, ориентированные на процесс многопутевой маршрутизации, неспособны обеспечить одновременный учет нескольких важнейших вероятностно-временных показателей ТКС, а особенно функциональной и структурной взаимосвязи ее участков, что приводит к несогласованности управляющих решений, а соответственно к неэффективному использованию сетевых ресурсов.

Основной причиной рассмотренных недостатков является

несовершенство моделей, методов и алгоритмов, положенных в основу соответствующих технологических средств управления сетевыми ресурсами. Достаточной актуальной научной и практической тематикой на данный момент является использование своеобразного (так называемого, децентрализованного) подхода к реализации системы управления информационными и канальными ресурсами гетерогенных ТКС.

Каждый УА является равноправным участником процесса управления, и конструктивно представляют собой интеллектуальные сетевые устройства (управляемый коммутатор, маршрутизатор, сервер доступа к услуге). Составной частью УА являются программные процедуры управления принадлежащим ему участком ТКС. Некоторые из них рассмотрены в [13] и имеют существенный недостаток – недостаточный комплексный подход к решению задачи управления информационными потоками мультисервисной ТКС.

Исходя из этого, сформулировано создание гибких, эффективных процедур управления динамически изменяющимся, многокритериальным, многоприоритетным трафиком участка ТКС и всей сети в целом на основе децентрализованной системы управляющих агентов.

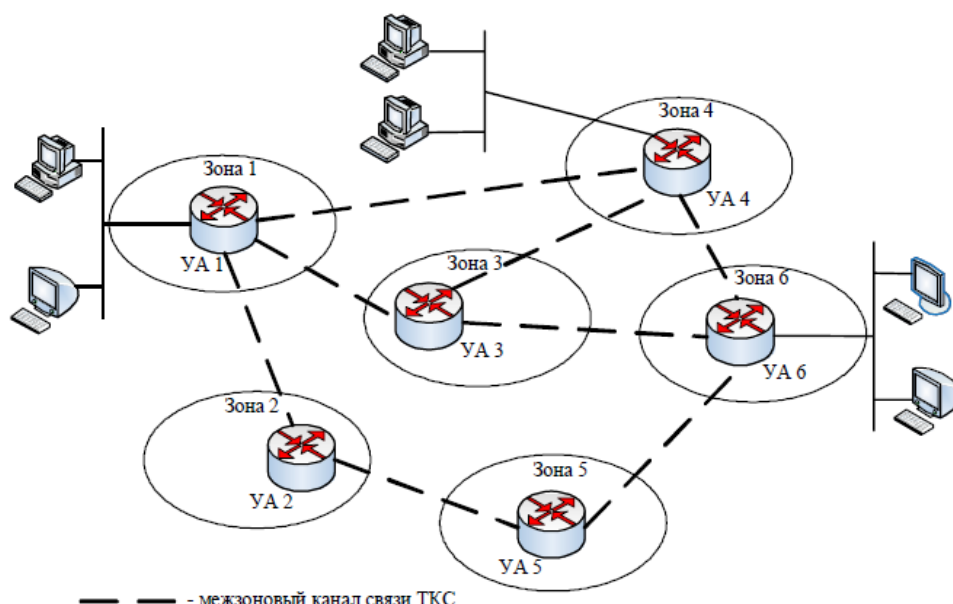
1.4.4 Создание гибких, эффективных процедур управления динамически изменяющимся, многокритериальным, многоприоритетным трафиком участка ТКС и всей сети в целом на основе децентрализованной системы управляющих агентов

Структурная модель ТКС характеризуется множествами управляющими агентами (УА) (интеллектуальные сетевые устройства (управляемый коммутатор, маршрутизатор, сервер доступа к услуге $G=\{g_1, \dots, g_n\}$ и КС $M=\{m_1, \dots, m_c\}$).

Каждое УА принадлежит некоторому подмножеству M' :

$M \subseteq M'=\{m_1', \dots, m_c'\}$, соединяющему его со смежными агентами (зонами), источниками либо получателями информации.

Множество КС, в первую очередь, характеризуется значением их ПС $C=\{c_1, \dots, c_c\}$. Главной целью рассматриваемой системы управления на основе УА является поддержка выбранных показателей качества обслуживания для обеспечения заданных параметров и характеристик пердачи данных в условиях мультисервисного трафика ТКС.



Р и с у н о к 1.8 – Телекоммуникационная система связи с управлением на основе агентов

Общая относительная загруженность отдельного УА находится следующим образом:

$$Z_{УА} = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_{вхi} + \sum_{i=1}^m \lambda_{выхi}}{\sum_{i=1}^m N_i} \quad (1.1)$$

где $\sum_{i=1}^m \lambda_{вхi}$ – общая входная интенсивность информационных потоков КС, прилегающих УА;

$\sum_{i=1}^m \lambda_{выхi}$ – общая исходящая интенсивность КС агента;

$\sum_{i=1}^m N_i$ – общая ПС КС агента.

Обобщая задачу управления информационными ресурсами, возложенную на УА, можно сказать, что ее исходными условиями является следующая совокупность данных:

- данные, касающиеся конкретного информационного пакета: узел-получатель; маршрут, назначенный пакету; приоритет пакета.
- состояние участка сети: состояние идентифицированных агентских каналов, состояние смежных УА, состояние маршрутов, проходящих через определенный УА.
- набор данных, состоящий в накоплении информации УА (таблица 5, статистика отправки пакетов и т.д.).

1.4.5 Балансировка информационных ресурсов в ТКС на основе распределенной системы УА

Разработчики протоколов маршрутизации часто сталкиваются с проблемой определения оптимального пути доставки информации в сети со сложной топологией. При низких нагрузках высокоэффективными являются протоколы с алгоритмами однопутевой маршрутизации

[2,3,5...9,10,11,12], которые обеспечивают наилучший по заданному критерию путь между двумя узлами. Но увеличение нагрузки ведет к неравномерному распределению трафика по ТКС, когда нагрузка на одни КС возрастает, а на другие – падает.

Решением проблемы на уровне сетевых протоколов является внедрение таких алгоритмов управления (балансировки) трафиком, при которых рационально будет использоваться как можно большее число КС, большинство из которых внедрено в многопутевые протоколы маршрутизации с присущими им недостатками [13].

В рамках описанной модели функционирования ТКС задача балансировки информационных ресурсов локального агента может быть решена посредством поиска экстремумов для следующего целевого функционирования:

$$\varepsilon(K) = \min(q_1\Phi + q_2\sigma_1(K) + q_3\sigma_2(K)), \quad (1.2)$$

где $\sigma_1(K)$ – среднеквадратичное отклонение (СКО) загруженных каналов УА;

$$\sigma_1(K) = \sqrt{\frac{1}{1-1} \sum_{i=1}^1 (x_i - x)^2}; \quad (1.3)$$

здесь $x = \frac{1}{1} \sum_{j=1}^1 x_j$; $\sigma_2(K)$ – СКО загруженных смежных УА;

$$\sigma_2(K) = \sqrt{\frac{1}{1-1} \sum_{i=1}^1 (Z_i - Z)^2} \quad (1.4)$$

Где $Z = \frac{1}{1} \sum_{j=1}^1 Z_j$; Φ – метрика используемого стандартизованного протокола маршрутизации; q_1, q_2, q_3 – весовые коэффициенты, характеризующие условную стоимость балансировки по метрике, загруженные каналы и агентов.

Балансировка сетевых ресурсов в представленной ТКС для каждого УА децентрализованной архитектуры заключается в нахождении вектора распределения потока (ВРП) с соответствующими ограничениями:

$$\begin{aligned} K &= (k_1, k_2, \dots, k_n), \sum_i^1 k_i = 1, \\ 0 &\leq k_i \leq 1, i = 1 \dots 1, \lambda_i^{\text{ВЫХ}}, k_i \leq c_i, i = 1 \dots 1. \end{aligned} \quad (1.5)$$

На основе приведенной модели базируется метод и алгоритм управления сетевыми ресурсами, который систематизирует совокупность шагов и действий, необходимых для достижения поставленной цели – сбалансированной загрузки каналов и минимизации использования канальных ресурсов в ТКС.

Для исследования предложенной модели была использована имитационная модель, которая включает до 18 УА, причем 6 из них являются составляющими ядра ТКС, а остальные – приграничными УА. Исследования проводились для различной связности узлов (от 2 до 6).

В ходе исследований сравнительному анализу подверглись следующие модели управления сетевыми ресурсами, маршрутизации и распределения сетевых ресурсов, построенных с использованием аналитических и имитационных средств моделирования [1-3]:

М1 – модель однопутевой маршрутизации RIP;

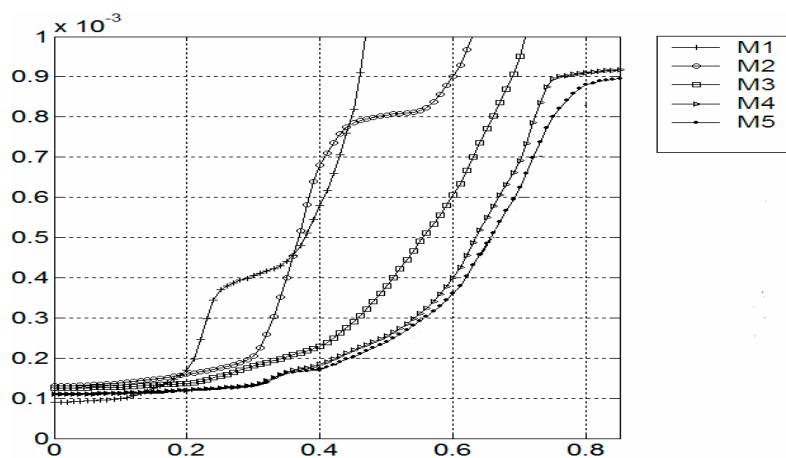
М2 – модель многопутевой маршрутизации по путям равной стоимости;

М3 – модель многопутевой маршрутизации по путям различной стоимости протокола IGRP;

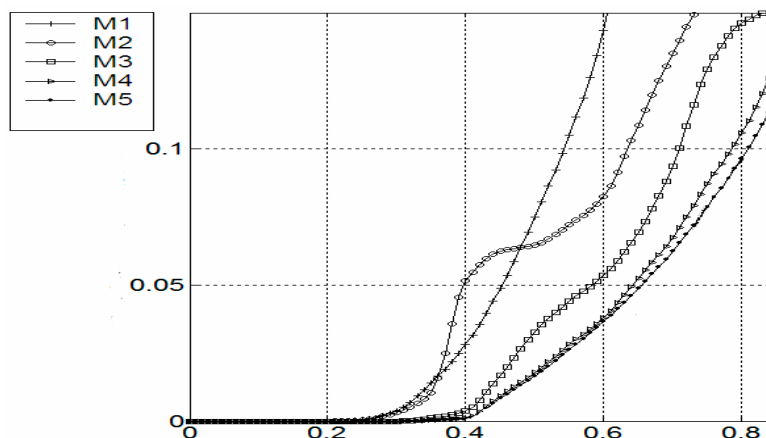
М4 – потоковая модель Галлагера;

М5 – предложенная в данной работе аналитическая модель управления сетевыми ресурсами на основе распределенной агентной системы.

Ниже представлены зависимости времени задержки (рис. 1.9, а) и вероятности потерь пакетов (рис. 1.9, б) от величины нормированной абонентской нагрузки.



а)



б)

Рисунок 1.9 – Зависимость выбранных показателей качества от нагрузки

Использование предложенной модели управления (M5) в сравнении с другими рассмотренными решениями (M1 – M4) в зависимости от выбранных характеристик потока и связности УА позволяет:

- снизить среднюю задержку передачи пакетов по оптимальному пути ТКС относительно лучшей известной модели M4 в среднем на 3-12% (при нормированной абонентской нагрузке более 0,5);

- уменьшить суммарную вероятность блокировки пакетов вдоль оптимального пути ТКС в среднем на 6-11% (при нормированной абонентской нагрузке более 0,5).

1.4.6 Пример балансировки информационных ресурсов в ТКС (адаптивный алгоритм)

Применение балансировки пользовательского трафика при достаточно низких нагрузках для большинства исследованных сетевых топологий не приводит к существенному улучшению основных показателей QoS (задержка и вероятность блокировки пакетов). Этот факт обусловлен тем, что однопутевые алгоритмы маршрутизации (AM) выбирают оптимальный по заданному критерию путь, который таковым является, пока суммарная нагрузка в нем не превысит некоторого значения.

Поэтому актуальным является вопрос синтеза AM и рассмотренной выше модели балансировки информационных ресурсов для нивелирования недостатков одного преимуществами другого. Основная идея объединения заключается в том, что при низкой и средней нагрузке управление информационными пакетами осуществляется согласно однопутевому AM, а при высокой – происходит балансировка, при которой пакеты распределяются по КС меньшей загруженности, согласно применяемой стратегии многопутевой маршрутизации [12-18].

В данном алгоритме каждый агент формирует набор векторов распределения потока (ВРП) – функцию от предполагаемого агента-получателя (узла). Соответственно, информационные пакеты, предназначенные одному и тому же узлу, направляются в инцидентные узлу-обработчику КС согласно рассчитанным значениям ВРП. Алгоритм, позволяющий рассчитать ВРП для каждой пары (узел-обработчик (А), конечный узел (Б)), в основе содержит метод Дейкстры, который дополняется итерационным процессом и вычитанием оптимальных путей с общей матрицы ТКС. Алгоритм вычисления ВРП для некоторой пары (А, Б) можно представить в следующем виде:

- 1) расчет оптимального маршрута по алгоритму Дейкстры;
- 2) элемент ВРП, соответствующий следующему узлу, в который

должны быть переданы информационные пакеты, увеличивается на метрику оптимального маршрута (при максимизации метрики пути) или на величину, обратную метрике оптимального маршрута (при минимизации метрики);

3) определение ПС оптимального маршрута (участка пути с минимальной ПС). Если первая итерация, то запомнить ПС;

4) вычитание из элементов оптимального пути величины ПС (умноженной на некоторый коэффициент, выбираемый из экспертных соображений);

5) если ПС пути меньше ПС, вычисленной на первой итерации, в 100 раз, то переходим к следующему пункту, в противном случае – к пункту 1;

б) окончание ВРП. Завершение алгоритма.

Процесс балансировки предназначен для изменения маршрутного решения, в случае если первоначально выбранный путь передачи информации неадекватен по заданным показателям состояния ТКС (чаще всего, перегрузка).

Предлагается введение единого на сеть коэффициента балансировки (КБ) для следующих целей: если нагрузка в КС, выбранном АМ, больше КБ, то используется рассмотренный выше алгоритм балансировки. Если нет, то решение об отправке информационного пакета принимает однопутевая АМ.

Использование балансировки требует постоянного отслеживания состояния КС. Для определения мгновенной нагрузки в КС каждый узел должен вести учет занятости канала за некоторый небольшой промежуток времени. Загруженность КС будет равна отношению времени занятости КС к продолжительности отслеживаемого интервала.

Оценка адаптивного алгоритма балансировки информационных ресурсов проводилась на основе специально разработанного программного комплекса SimulNetwork, созданного на основе языка программирования С++ (рис. 1.10).

Данный комплекс используется для построения имитационных моделей ТКС с децентрализованной агентной системой в соответствии с исследуемыми алгоритмами управления сетевыми ресурсами.

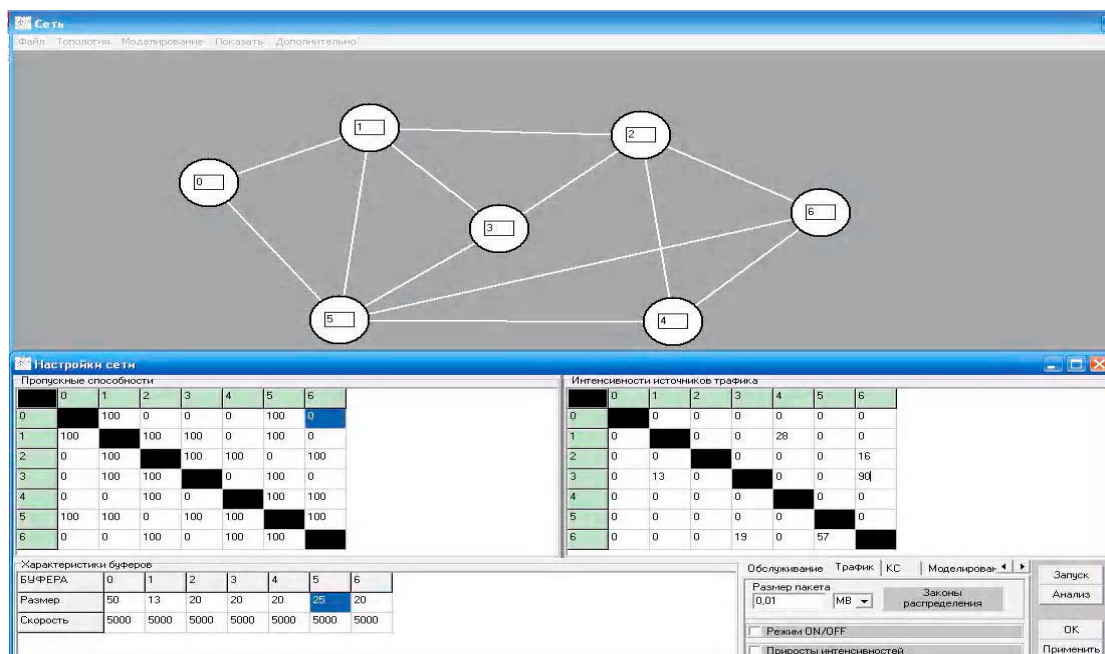


Рисунок 1.10 – Интерфейс приложения SimulNetwork

Задание: Построение имитационных моделей ТКС с децентрализованной агентной системой в соответствии с исследуемыми алгоритмами управления сетевыми ресурсами.

Анализ результатов приложения включают в себя:

1. Создание ТКС с заданным количеством узлов с УА и связью.

2. Численное задание следующих сетевых характеристик:

- ПС каждого КС;

- надежность каждого КС;

- размер буфера при каждом узле;

- скорость буферной обработки данных;

- количество параллельно обслуживаемых имитационных пакетов в узле.

3. Задание характеристик источников информационных пакетов:

- средние интенсивности передаваемого трафика между двумя любыми узлами (в абсолютных и относительных единицах);

- закон распределения длины пакетов;

- средняя длина пакета;

- характер трафика (импульсный, равномерный).

4. Выбор условий, касающихся передачи трафика в сети:

- выбор метрики алгоритмов однопутевой и многопутевой маршрутизации;

- использование многопутевой маршрутизации с заданием необходимого ВРП согласно (5);

- использование балансировки имитационной нагрузки с выбором коэффициента включения и с определенным ограничением КС;

- выбор дисциплины обслуживания очередей (FIFO, LIFO, RED);

- использован ие упрощенной модели алгоритма отбрасывания пакетов в очередях узлов.

Для проведённого моделирования в приложение включены следующие возможности:

1. В реальном масштабе времени работы программы:

- мониторинг состояния каждого КС;
- определение средней задержки и вероятности блокировки в каждом узле отдельно и по ТКС в целом;
- оценка времени работы реальной ТКС с теми же характеристиками;
- аналитический расчет коэффициентов готовности каждого маршрута.

2. На момент окончания моделирования:

- построение графиков зависимостей средней задержки и вероятности блокировки по ТКС в целом от поступающей от источников информации узлы;
- сравнение полученных результатов для нескольких сетевых настроек;
- аппроксимация графических результатов.

Для оценки предложенного в данной работе адаптивного алгоритма балансировки информационных ресурсов были использованы ячеистые топологии ТКС с децентрализованной системой управления на основе УА различной связности и размера (рис. 1.9).

При исследовании топологии 1 (рис.1.9 а) было выбрано несколько узлов-источников трафика, соответственно, столько же узлов получателей. При моделировании топологии 2 (рис.1.9 б) трафик определённого назначения передавался между всеми узлами ТКС.

Результаты исследований топологий (графики) приведены в приложении №1.

2 Экспериментальная часть

Было выбрано направление проведения эксперимента - управление учетом сетевых ресурсов, так как это управление дает возможность регулировать работу отдельных пользователей сети или их групп в целях ведения учета или возврата платежей.

Схема экспериментальной установки, представленная ниже, включает в себя:

устройство Catalyst - маршрутизатор с различными портами. К портам подключены оптическое оборудование OLT, оборудование ADSL. При проведении экспериментов использовался протокол SNMP и программное обеспечение NetFlow.



Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки

Был проведен мониторинг сети с целью определения параметров входящего и исходящих потоков.

Мониторинг сети проводился с помощью программного обеспечения NetFlow. NetFlow (поток в сети) - это технология измерений со стороны входящего потока, позволяющая собирать данные, необходимые для приложений планирования, мониторинга и учета ресурсов данной сети. Технологию NetFlow следует внедрять на интерфейсах маршрутизаторов с поддержкой агрегирования/группированных маршрутизаторов для поставщиков услуг либо на интерфейсах маршрутизаторов доступа к глобальным сетям для корпоративных клиентов.

Для оптического оборудования OLT результаты мониторинга представлены ниже (рис 2.2) (годовой мониторинг)

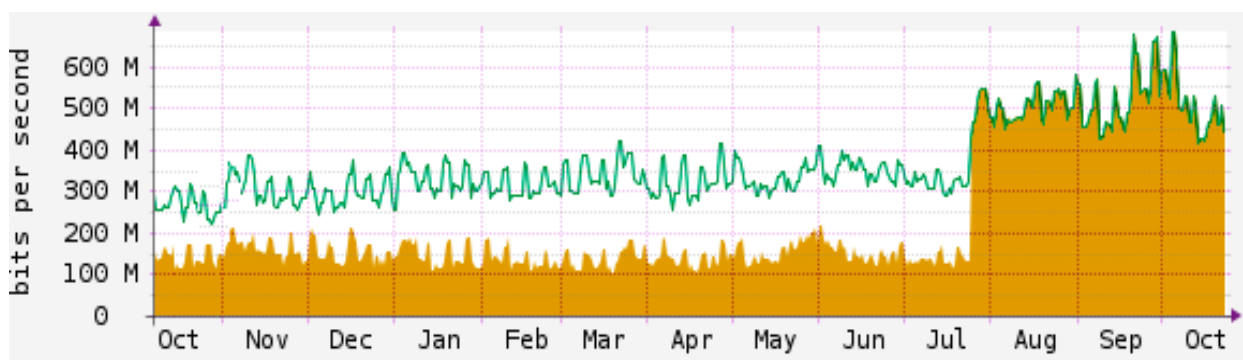


Рисунок 2.2 – Зависимость пропускной способности от времени для оборудования OLT

- исходящий трафик составил 583 Мбит/с в максимальном значении;
- входящий трафик оборудован ие Catalyst порт GigabitEthernet 7/20 составляет также 583 Мбит/с в максимальном значении.

Годовой мониторинг для ADSL

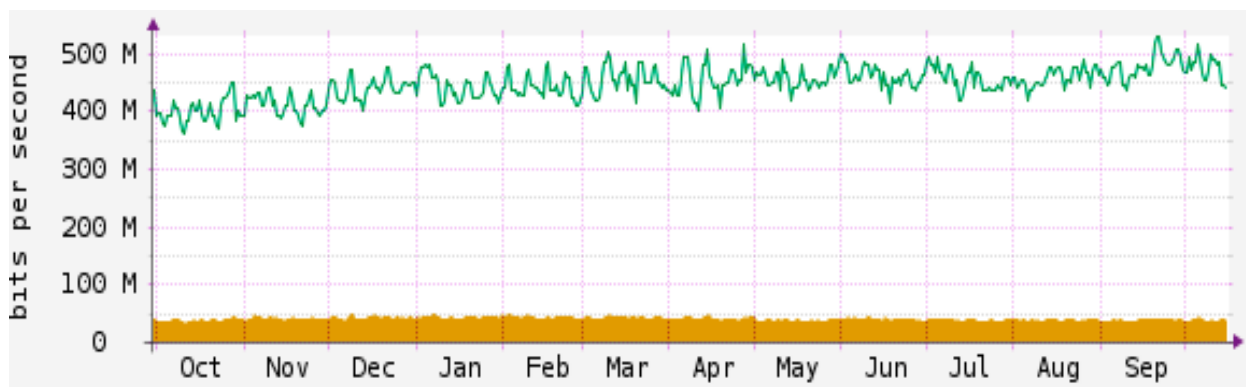


Рисунок 2.3 – Зависимость пропускной способности от времени для оборудования ADSL

- максимальное значение исходящего трафика составил 526 Мбит/с;
- максимальное значение входящего трафика 46 Мбит/с.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований управления сетевыми ресурсами, нами был проведен мониторинг сети с периодичностью: год. Решена задача распределения пропускной способности между потоками, переносимыми трафиком, характерный для оборудования Catalyst с различными абонентским оборудованием сетей доступа (OLT, ADSL).

Постоянное измерение трафика с последующим расчетом коэффициента использования ресурса дает информацию для выставления счетов, а также раскладку данных о возобновлении и оптимальном использовании ресурсов.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет нагрузки, создаваемой пользователями мультисервисной сети

Число шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии, топологии первичной сети (если таковая уже существует), наличия помещений для установки, технологических показателей типов оборудования, предполагаемого к использованию.

Исходя из критерия критичности длины абонентской линии, зона

обслуживания шлюза доступа должна создаваться таким образом, чтобы максимальная длина абонентской линии не превышала 3-4 км. Если шлюз производит подключение оборудования сети доступа интерфейса V5, LAN либо УПАТС, то зона обслуживания шлюза включает в себя и зоны обслуживаемых объектов.

Исходя из зоны обслуживания, определяются емкостные показатели шлюза, которые отражают общее количество абонентов и емкости каждого из типов подключений.

Введем следующие переменные: N_{PSTN}

N_{PSTN} – число абонентов, использующих подключение по аналоговой абонентской линии;

N_{ISDN} – число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN;

N_{SHM} – число абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP, использующих подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне маршрутизатора шлюза доступа;

N_{LAN} – число LAN, подключаемых к Ethernet-маршрутизатору на уровне шлюза доступа;

N_{i_LAN} – число абонентов, подключаемых к LAN_i, где i – номер LAN;

N_{V5} – число сетей доступа интерфейса V5, подключаемых к шлюзу доступа;

N_{j_V5} – число пользовательских каналов (DS0) в интерфейсе V5_j, где j – номер сети доступа;

N_{PBX} – число УПАТС, подключаемых к шлюзу;

N_{k_PBX} – число пользовательских каналов (DS0) в интерфейсе подключения УПАТС_k, где k – номер УПАТС.

Тогда с учетом введенных обозначений нагрузка от каждого источника определяется по соответствующим формулам.

$$Y_{PSTN} = N_{PSTN} \cdot y_{PSTN} \quad (3.1)$$

где Y_{PSTN} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов PSTN; y_{PSTN} – удельная нагрузка от абонента ТФОП в ЧНН. Будем считать, что $y_{PSTN} = 0,1$ Эрл.

$$Y_{ISDN} = N_{ISDN} \cdot y_{ISDN}, \quad (3.2)$$

где Y_{ISDN} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN; y_{ISDN} – удельная нагрузка от абонента ISDN в ЧНН. Будем считать, что $y_{ISDN} = 0,2$ Эрл.

$$Y_{SHM} = N_{SHM} \cdot y_{SHM}, \quad (3.3)$$

где Y_{SHM} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP, использующих подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне маршрутизатора шлюза доступа; y_{SHM} – удельная нагрузка от абонента SHM в ЧНН. Будем считать, что $y_{SHM} = 0,1$ Эрл.

$$Y_{V5} = N_{V5} \cdot y_{V5}, \quad (3.4)$$

где Y_{V5} – нагрузка от сети доступа j интерфейса V5, подключаемой к шлюзу доступа; y_{V5} – удельная нагрузка одного пользовательского канала интерфейса V5. Будем считать, что $y_{V5} = 0,8$ Эрл.

$$Y_{k_PBX} = N_{k_PBX} \cdot y_{k_PBX}, \quad (3.5)$$

где Y_{k_PBX} – нагрузка от УПАТС k , подключаемой к шлюзу; y_{k_PBX} – удельная нагрузка одного пользовательского канала первичного доступа ISDN. Будем считать, что $y_{k_PBX} = 0,8$ Эрл.

Исходя из этого определяются соответствующие общие нагрузки.

Общая нагрузка, поступающая от абонентов ТфОП, ISDN и SIP/H.323/MGCP на резидентный шлюз доступа равна:

$$Y_{RAGW} = Y_{PSTN} + Y_{ISDN} + Y_{SHM} = 0,1 \cdot (N_{PSTN} + N_{SHM}) + 0,2 \cdot N_{ISDN} \quad (3.6)$$

Общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа, обеспечивающий подключение оборудования сетей доступа интерфейса V5, равна:

$$Y_{V5} = \sum_{j=1}^j Y_{j_V5} = 0,8 \cdot \sum_{j=1}^j Y_{j_V5}. \quad (3.7)$$

Общая нагрузка, поступающая на транкинговый шлюз, обеспечивающий подключение оборудования УПАТС, равна:

$$Y_{PBX} = \sum_{k=1}^k Y_{k_PBX} = 0,8 \cdot \sum_{k=1}^k Y_{k_PBX}. \quad (3.8)$$

Если шлюз реализует функции резидентного шлюза доступа, шлюза доступа и транкингового шлюза подключения УПАТС, то общая нагрузка, поступающая на шлюз, равна:

$$Y_{RAGW} = 0,8 \cdot \left(\sum_{j=1}^j Y_{j_V5} + \sum_{k=1}^k Y_{k_PBX} \right) + 0,1 \cdot (N_{PSTN} + N_{SHM}) + 0,2 \cdot N_{ISDN} \quad (3.9)$$

Произведем расчёт по формуле (3.9) для заданных шлюзов:

$$Y_{RAGW1} = 0,8 \cdot (30 + 90 + 0 + 0 + 0 + 0) + 0,1 \cdot (1000 + 300 + 300 + 0) + 0,2 \cdot 100 = 276$$

$$Y_{RAGW1} = 276 \text{ Эр л.}$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$Y_{RAGW3} = 869 \text{ Эр л.}$$

$$Y_{RAGW4} = 438 \text{ Эр л.}$$

Долю внутренних нагрузок $K_{i_внутр}$ пользователей, подключенных к i -му шлюзу, найдем по доле нагрузки пользователей RAGW _{i} в общей нагрузке пакетной сети доступа:

$$K_{1_внутр} = \frac{Y_{RAGWi}}{\sum_{i=1}^i Y_{RAGWi}}, \quad (3.10)$$

где k – количество проектируемых шлюзов RAGW. Произведем расчет по формуле (3.10):

$$K_{1_внутр} = \frac{276}{276 + 849 + 438} = 0,177.$$

Аналогично рассчитаем $K_{3_внутр}$ и $K_{4_внутр}$:

$$K_{3_внутр} = 0,543;$$

$$K_{4_внутр} = 0,28.$$

Внутреннюю нагрузку абонентов, подключенных к i -му шлюзу, вычислим по формуле (3.11):

$$Y_{i_внутр} = Y_{RAGWi} \cdot K_{i_внутр}, \quad (3.11)$$

Произведем расчет по формуле (3.11) для заданных шлюзов:

$$Y_{1_внутр} = 276 \cdot 0,177 = 48,74 \text{ Эр л.}$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$Y_{3_внутр} = 461,17 \text{ Эр л.}$$

$$Y_{4_внутр} = 122,74 \text{ Эр л.}$$

Исходящая нагрузка i -го шлюза по направлению к абонентам пакетной сети рассчитывается по формуле (3.12), а по направлению к ТфОП – по формуле (3.13):

$$Y_{RAGWi_NGN} = K_{NGN} \cdot Y_{RAGWi} \cdot (1 - K_{i_вн\ утр}), \quad (3.12)$$

$$Y_{RAGWi_ТфОПn} = K_{ТфОПn} \cdot Y_{RAGWi} \cdot (1 - K_{i_вн\ утр}), \quad (3.13)$$

Произведем расчёты по формулам (3.12) и (3.13):

$$Y_{RAGW1_NGN} = 0,6 \cdot 276 \cdot (1 - 0,177) = 136,36 \text{ Эр л};$$

$$Y_{RAGW1_ТфОП1} = Y_{RAGW1_ТфОП3} = 0,2 \cdot 276 \cdot (1 - 0,177) = 45,45 \text{ Эр л}.$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$Y_{RAGW3_NGN} = 232,7 \text{ Эр л};$$

$$Y_{RAGW4_NGN} = 189,16 \text{ Эр л};$$

$$Y_{RAGW3_ТфОП1} = Y_{RAGW3_ТфОП3} = 77,57 \text{ Эр л};$$

$$Y_{RAGW4_ТфОП1} = Y_{RAGW4_ТфОП3} = 64,05 \text{ Эр л};$$

Нагрузки, создаваемые абонентами, подключаемыми к пакетной сети, приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Нагрузка, создаваемая пользователями пакетной сети

Номер шлюза доступа	Общая нагрузка, Эр л	Внутренняя нагрузка, Эр л	Исходящая нагрузка к другим шлюзам, Эр л	Исходящая нагрузка к ТфОП1, Эр л	Исходящая нагрузка к ТфОП3, Эр л
RAGW1	276	48,73	136,36	45,45	
RAGW3	849	461,17	232,7	77,57	
RAGW4	438	122,74	189,16	64,05	

Количество каналов E0 для обслуживания нагрузок на стыках сетей ТфОП и NGN можно рассчитать по формуле (3.14):

$$N_i = \frac{Y_{TGWi}}{y_{E1}}, \quad (3.14)$$

$$N_1 = N_3 = \frac{186,1}{0,8} = 233 \text{ канала},$$

$$N_{1,E1} = N_{3,E1} = \frac{233}{0,8} = 8 \text{ потоков.}$$

Число каналов E0 и потоков E1, необходимых для обслуживания и нагрузки на стыках сетей ТфОП и NGN, приведен о в таблице 1.2.

Таблица 3.2 – Схема распределения нагрузки при обслуживании базовых вызовов от сетей ТфОП

Объект	Исх.н агр . к ТфОП от RAGW1, Эр л	Исх.н агр . к ТфОП от RAGW3, Эр л	Исх.н агр . к ТфОП от RAGW4, Эр л	Сум-ая н агр узка, Эр л	Число каналов	Число потоков E1
ТфОП1	45,45	77,47	63,05	186,1	233	8
ТфОП3	45,45	77,47	63,05	186,1	233	8

Итак, TGW₁ и TGW₃ связаны с существующими ТфОП₁ и ТфОП₃ соответственно восемью трактами типа E1.

Введем следующие переменные:

P_{PSTN} – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой телефонной линии в ЧНН;

P_{ISDN} – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по базовому доступу ISDN;

P_{V5} – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от абонентов, подключаемых к пакетной сети через сети доступа интерфейса V5;

P_{PBX} – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от УПАТС, подключаемых к пакетной сети;

P_{SHM} - удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих терминалы SIP, H.323, MGCP.

В соответствии с общетехническими требованиями к городским АТС интенсивность вызовов равна:

$$\begin{aligned} P_{PSTN} &= 5 \text{ выз/чнн,} \\ P_{ISDN} &= 10 \text{ выз/чнн,} \\ P_{PBX} &= 35 \text{ выз/чнн.} \end{aligned}$$

Значение P_{SHM} можно принять равным P_{PSTN} . Значение P_{V5} можно принять равным P_{PBX} .

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети трафика, поступающего на шлюз, рассчитывается следующим образом:

$$V_{RAGW} = V_{RAGW_USER} + V_{RAGW_SIGN}, \quad (3.15)$$

где V_{RAGW_USER} – пользовательский ресурс шлюза, V_{RAGW_SIGN} – сигнальный ресурс шлюза.

Формулу определения пользовательского ресурса шлюза можно представить в виде:

$$V_{RAGWi_USER} = k \cdot ((1 - x) \cdot V_{COD_m} + x \cdot V_{G.711}) \cdot Y_{RAGWi}, \quad (3.16)$$

где $V_{G.711}$ – ресурс для передачи информации от кодека G.711 без подавления пауз, используемого для эмуляции каналов; x – доля нагрузки; k – коэффициент использования ресурса, $k=1,25$; V_{COD_m} – скорость передачи кодека типа m при обслуживании вызова; Y_{RAGWi} – общая нагрузка, поступающая на шлюз.

Сигнальный ресурс шлюза рассчитывается по следующей формуле:
коммутатор пакетный

$$V_{RAGWi_SIGN} = k_{SIGN} (V_{signPSTN} + V_{V5} + V_{signISDN} + V_{signPBX} + V_{SHM}) / 450, \quad (3.17)$$

где $V_{signPSTN}$ – сигнальная нагрузка от АТА;

$V_{signISDN}$ – сигнальная нагрузка от ЦТА;

$V_{signPBX}$ – сигнальная нагрузка от УПАТС;

$V_{signSHM}$ – сигнальная нагрузка от IP-ТА.

Данные сигнальные нагрузки рассчитываются по следующим формулам:

$$V_{signPSTN} = N_{PSTN} \cdot P_{PSTN} \cdot L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO}, \quad (3.18)$$

$$V_{signISDN} = N_{ISDN} \cdot P_{ISDN} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA}, \quad (3.19)$$

$$V_{signPBX} = N_{PBX} \cdot P_{PBX} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA} \quad (3.20)$$

$$V_{signSHM} = N_{SHM} \cdot P_{SHM} \cdot L_{SHM} \cdot N_{SHM} \quad (3.21)$$

где $L_{MEGACO, IUA, V5UA, SHM}$ – средняя длина одного сообщения соответствующего протокола;

$N_{MEGACO, IUA, V5UA, SHM}$ – количество сообщений, необходимых для установления и разрыва соединения.

На основании формулы (3.16), с учетом того, что используется кодек G.726 с требуемой полосой 38 кбит/с и при этом 5% вызовов требуют кодека G.711 с полосой 84,4 кбит/с, произведем расчет требуемого трафика при подключении

шлюзов RAGW:

$$V_{RAGW1_USER} = 1,25 \cdot ((1 - 0,05) \cdot 38 + 0,05 \cdot 84,4) \cdot 276 = 13910 \text{ кбит/с} \\ = 13,58 \text{ Мбит/с}$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$V_{RAGW3_USER} = 42790 \text{ кбит/с} = 41,79 \text{ Мбит/с};$$

$$V_{RAGW4_USER} = 22080 \text{ кбит/с} = 21,56 \text{ Мбит/с}$$

На основании формул (3.17)– (3.21), с учетом того, что длина одного сообщения всех протоколов $L = 50$ байт, количество сообщений протоколов, необходимых для установления и разрушения соединения $N = 10$, произведем расчет требуемого сигнального ресурса шлюза:

$$V_{RAGW1_SIGN} = \frac{5(1000 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 10 + 120 \cdot 35 \cdot 50 \cdot 10 + 50 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 100 + 50 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 600)}{450}$$

$$V_{RAGW1_SIGN} = 73330 \text{ бит/с} = 0,072 \text{ Мбит/с}.$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$V_{RAGW3_SIGN} = 218333 \text{ бит/с} = 0,21 \text{ Мбит/с};$$

$$V_{RAGW4_SIGN} = 120000 \text{ бит/с} = 0,12 \text{ Мбит/с}.$$

На основании формулы (3.15), произведем расчет общего транзитного ресурса, для передачи пользовательской и сигнальной информации:

$$V_{RAGW1} = 13,58 + 0,072 = 13,65 \text{ Мбит/с}.$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$V_{RAGW3} = 42 \text{ Мбит/с};$$

$$V_{RAGW4} = 21,68 \text{ Мбит/с}.$$

Пропускную способность при обработке вызовов внутренней сети рассчитаем по формуле:

$$V_{RAGWi_RAGWi} = k \cdot ((1 - x) \cdot V_{COD_m} + 0 \cdot V_{G.711}) \cdot Y_{i_внутр}, \quad (3.22)$$

$$V_{RAGW1_RAGW1} = 1,25 \cdot ((1 - 0,05) \cdot 38 + 0 \cdot 84,4) \cdot 48,74 = 2199 \text{ кбит/с} \\ = 2,15 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{RAGW3_RAGW3} = 20810 \text{ кбит/с} = 20,32 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{RAGW4_RAGW4} = 55390 \text{ кбит/с} = 54,09 \text{ Мбит/с}.$$

Рассчитаем транспортный ресурс, необходимый для обработки трафика между сетями, при взаимодействии TGW_1 и TGW_3 с $RAGW_1$, $RAGW_3$ и $RAGW_4$ по формуле:

$$V_{TGWi_RAGWi_USER} = k \cdot ((1 - x) \cdot V_{COD_m}) \cdot Y_{RAGWi_ТфОПi}, \quad (3.23)$$

$$V_{TGW1_RAGW1_USER} = 1,25 \cdot ((1 - 0,05) \cdot 38) \cdot 45,45 = 2051 \text{ кбит/с} \\ = 2,0 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{TGW1_RAGW1_USER} = V_{TGW3_RAGW1_USER} = 2051 \text{ кбит/с} = 2,0 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{TGW1_RAGW1_USER} = V_{TGW3_RAGW3_USER} = 3500 \text{ кбит/с} = 3,42 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{TGW1_RAGW4_USER} = V_{TGW3_RAGW4_USER} = 2845 \text{ кбит/с} = 2,78 \text{ Мбит/с}.$$

$$V_{TGW1_RAGW1} = V_{TGW3_RAGW1} = 2 \cdot 2,0 = 4,0 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{TGW1_RAGW3} = V_{TGW3_RAGW3} = 2 \cdot 3,42 = 6,84 \text{ Мбит/с},$$

$$V_{TGW1_RAGW4} = V_{TGW3_RAGW4} = 2 \cdot 2,78 = 5,56 \text{ Мбит/с},$$

Произведем расчет требуемого сигнального ресурса ТфОП по формуле:

$$V_{ТфОПi_SIGN} = \frac{(k \cdot L \cdot N \cdot P_{sx} \cdot (N_i))}{450}, \quad (3.24)$$

$$V_{ТфОП1_SIGN} = V_{ТфОП3_SIGN} \frac{(5 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 35 \cdot 8)}{450} = 45310 \text{ бит/с} = 0,04 \text{ Мбит/с}.$$

Примем условие равенства исходящего (от транспортной сети к существующей ТфОП) и входящего (от существующей ТфОП к транспортной пакетной сети) трафика:

$$V_{TGW1} = 2 \cdot V_{TGW1_SW1} = 2 \cdot 8,24 = 16,48 \text{ Мбит/с}.$$

$$V_{TGW3} = 2 \cdot V_{TGW3_SW3} = 2 \cdot 2,04 = 4,08 \text{ Мбит/с.}$$

Учитывая, что нагрузки от абонентов, подключаемых к RAGW, распределяются по другим RAGW равномерно, пропорционально числу подключаемых к данным RAGW абонентов, получим распределение транзитного ресурса между шлюзами:

$$V_{RAGWi_RAGWj} = \frac{V_{RAGWi} \cdot V_{RAGWj}}{\sum_{k=1}^N (V_{RAGWk}) - V_{RAGWi}}, \quad (3.25)$$

На основании формулы (3.25), рассчитаем пропускную способность между шлюзами доступа:

$$V_{RAGW1_RAGW3} = \frac{13,65 \cdot 42}{77,22 - 13,56} = 9,0 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW3_RAGW1} = 16,23 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW1_RAGW4} = 4,65 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW4_RAGW1} = 5,32 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW3_RAGW4} = 25,77 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW4_RAGW3} = 16,36 \text{ Мбит/с,}$$

Учитывая, что на одном участке информация поступает в прямом и обратном направлениях, ресурс от исходящего шлюза в сторону входящего и наоборот суммируется:

$$V_{RAGWi-j} = V_{RAGWi_RAGWj} + V_{RAGWj_RAGWi}, \quad (3.26)$$

Произведем расчет по формуле (3.26):

$$V_{RAGW1-3} = 25,24 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW1-4} = 9,97 \text{ Мбит/с,}$$

$$V_{RAGW3-4} = 42,12 \text{ Мбит/с,}$$

Емкостные параметры абонентской базы гибкого коммутатора должны позволять обслуживание всех абонентов различных типов, подключение которых планируется при построении абонентского

концентрации.

Параметры интерфейса подключения к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов.

Минимальный полезный транспортный ресурс, в бит/с, которым SX должен подключаться к пакетной сети, для обслуживания вызовов в инфраструктуре абонентского центра:

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot ((L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + L_{IUA} \cdot N_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})) + L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{V5UA} \cdot N_{V5UA} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}))/450 \text{ бит/с,}$$

Подставим данные в вышеприведенную формулу и получим результат вычисления:

$$V_{sx} = 0,74 \text{ Мбит/с.}$$

Распределение транспортных ресурсов для взаимодействия шлюзов приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Распределение транспортных ресурсов для взаимодействия шлюзов

Направление информационного обмена	Необходимый ресурс при функционировании без отказов, Мбит/с
RAGW1– RAGW1	2,15
RAGW3– RAGW3	20,32
RAGW4– RAGW4	54,09
RAGW1– RAGW3	25,24
RAGW1– RAGW4	9,97
RAGW3– RAGW4	42,12
TGW 1– RAGW1 / TGW 3– RAGW1	4,0
TGW 1– RAGW3 / TGW 3– RAGW3	6,84
TGW 1– RAGW4 / TGW 3– RAGW4	5,56
TGW 1– SW1	8,24
TGW3– SW3	2,04
SX	0,73
SW1– RAGW1	$25,24 + 9,97 + 4,0 + 4,0 = 43,21$
SW3– RAGW3	$25,24 + 42,12 + 6,84 + 6,84 = 81,04$
SW3– RAGW4	$9,97 + 42,12 + 5,56 + 5,56 = 63,21$

3.2 Расчет транспортного ресурса для взаимодействия коммутаторов пакетной сети

Транспортный ресурс коммутаторов пакетной сети зависит от топологии сети, схемы организации связи и принимаемых решений по обеспечению резервирования и надежности.

В соответствии с рисунком в приложении А для построения пакетной сети используется полносвязная схема с тремя коммутаторами.

Будем считать, что для выполнения требований резервирования транспортные потоки между оборудованием коммутаторов должны обеспечивать требования, приведенные в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Требования для нормального/при нарушении связи функционирования участков сети

Участок сети	Нормальное функционирование	Функционирование при нарушении связи
SW1 – SW2 SW2 – SW3	TGW1–SW1–SW2– SW3–RAGW3 TGW1 –SW1–SW2– SW3–RAGW4	Нарушение SW1 – SW3: RAGW1 –SW1–SW2–SW3– TGW3 RAGW1 –SW1–SW2–SW3– RAGW3 RAGW1 –SW1–SW2–SW3– RAGW4
SW1 – SW3	RAGW1 –SW1– SW2–SW3–TGW3 RAGW1 –SW1– SW2–SW3–RAGW3 RAGW1 –SW1– SW2–SW3–RAGW4	Нарушение SW1 – SW2 или SW2 – SW3: TGW1 –SW1–SW2–SW3– RAGW3 TGW1 –SW1–SW2–SW3– RAGW4

В столбце «Нормальное функционирование» определяются два объекта, поток информации между которыми передается через участок при отсутствии нарушений в схеме организации связи.

Рассчитаем транспортный ресурс между коммутаторами пакетной сети SW₁ и SW₃ при отсутствии нарушений в схеме связи. Как видно по таблице 3.4, необходимый транспортный ресурс при нормальном функционировании сети будет равен:

$$V_{SW2-SW3} = V_{RAGW1-3} + V_{RAGW1-4} + V_{TGW3-RAGW1};$$

$$V_{SW2-SW3} = 25,24 + 9,97 + 4 = 39,21 \text{ Мбит/с.}$$

Аналогично рассчитаем между остальными коммутаторами. Результаты расчетов сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Транспортивный ресурс между коммутаторами пакетной сети

Участок сети	Необходимый ресурс при функционировании без отказов, Мбит/с	Необходимый ресурс при функционировании с отказами, Мбит/с
SW1 – SW2 SW2 – SW3	12,4	12,4 + 39,21 = 51,61
SW1 – SW3	39,21	39,21 + 12,4 = 51,61

3.3 Расчёт производительности гибкого коммутатора

Гибкий коммутатор (Softswitch) – реализует функции по логике обработки вызова, доступу к серверам приложений, доступу к ИСС, сбору статистической информации, тарификации, сигнальному взаимодействию с сетью ТфОП и внутри пакетной сети, управлению установлением соединения и др. Гибкий коммутатор является основным устройством, реализующим функции уровня управления коммутацией и передачей информации.

Основной задачей гибкого коммутатора при построении транзитного уровня коммутации является обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений. Требования к производительности гибкого коммутатора определяются интенсивностью вызовов, требующих обработки.

Интенсивность поступающих вызовов определяется интенсивностью вызовов, приходящейся на один канал 64 кбит/с (Е0) линии Е1, а также числом Е1, используемых для подключения станции к транзитному шлюзу.

Расчет производительности гибкого коммутатора может быть произведен по следующим формулам:

$$P_{SX} = P_{SX}^{RAGW} + P_{SX}^{TGW}, \quad (3.27)$$

$$P_{SX}^{TGW_i} = P_{TGW} \cdot N_{E1}, \quad (3.28)$$

$$P_{SX}^{RAGW_i} = P_{PSTN} \cdot (N_{PSTN} + N_{SHM}) + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot (N_{V5} + N_{PBX}), \quad (3.29)$$

где $P_{TGW} = 35$ – интенсивность вызовов, N_{E1} – количество каналов в Е1.

На основании формул (3.1) – (3.3) произведем расчёты:

$$P_{SX}^{RAGW1} = P_{SX}^{TGW3} = 35 \cdot 233 = 8155 \text{ выз/чнн},$$

$$P_{SX}^{RAGW1} = 5 \cdot (1000 + 600) + 10 \cdot 100 + 35 \cdot (120 + 0) = 13200 \text{ выз/чнн}.$$

Аналогично рассчитаем для RAGW₃ и RAGW₄:

$$P_{SX}^{RAGW3} = 39300 \text{ выз/чнн},$$

$$P_{SX}^{RAGW4} = 21600 \text{ выз/чн н.}$$

Требуемая производительность будет равна сумме полученных значений (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Производительность гибкого коммутатора

Оборудование	Производительность, тыс.выз/чн н
Абонентский концентратор	13,2 + 39,3 + 21,6 =74,1
Транзитный коммутатор	8,155 + 8,155 =16,31
Всего:	90,4

3.4 Расчет производительности коммутаторов пакетной сети

Число коммутаторов пакетной сети и ее топология определяются исходя из существующей топологии первичной сети, показателей производительности предполагаемого к использованию оборудования, требований по обеспечению надежности и живучести пакетной сети.

В пакетную сеть поступают доля пользовательской информации от шлюзов доступа и информация сигнализации в направлении гибкого коммутатора, производительность которого определяется выражением:

$$P_{SW} = (\sum_{l=1}^L (1 - M_{l_GW}) \cdot V_{l_GW} + V_{SX}) / L_{IP}, \quad (3.29)$$

где l – номер шлюза; M_{l_GW} – доля потока пользовательской информации, замыкающейся на уровне шлюза доступа; $(1 - M_{l_GW})$ – доля потока пользовательской информации, поступающей в пакетную сеть; V_{l_GW} – общий транспортный ресурс шлюза; V_{SX} – минимальный полезный транспортный ресурс SX, требуемый для обслуживания вызовов в структуре транзитного коммутатора; L_{IP} – средняя длина пакета IP, используемого при передаче информации (как пользовательской, так и сигнальной) внутри пакетной сети.

В соответствии со схемой, представленной в приложении А, а также правилами и параметрами резервирования, представленными в таблице 2.1, определим информационные потоки, которые должны коммутироваться на каждом из коммутаторов и занесем результаты в таблицу

3.7

Таблица 3.7 – Требования для нормального/при нарушении связи функционирования участков сети

Коммутатор	Информационный поток
SW1	Нормальное функционирование: SX – RAGW1, RAGW1 – RAGW3, RAGW1 – RAGW4, RAGW1

	– TGW3, TGW1 – RAGW3, TGW1 – RAGW4, RAGW1 – RAGW1
SW2	Нормальный функциональный: SX – RAGW1, TGW1 – RAGW3, TGW1 – RAGW4, Нарушения связи: RAGW1 – RAGW3, RAGW1 – RAGW4, RAGW1 – TGW3,
SW3	Нормальный функциональный: SX – RAGW1, RAGW1 – RAGW3, RAGW1 – RAGW4, RAGW1 – TGW3, TGW1 – RAGW3, TGW1 – RAGW4, RAGW3 – RAGW3, RAGW4 – RAGW4

На основании формулы (3.29) и при средней длине пакета IP в 2400 бит определим минимальную производительность коммутаторов, требуемую для обслуживания вызовов для коммутатора SW₁, принимая условие отсутствия собственного коммутатора в используемых шлюзах ($M_{m_GW} = 0$). Исходные данные для расчета берутся из таблицы 3.3.

$$P_{SW1} = \frac{(25,24+9,97+4+6,84+5,56+2,15+0,73) \cdot 1024^2}{2400} = 23807 \text{ пак/с},$$

$$P_{SW1} = \frac{(6,84+5,56+25,24+9,97+4+0,73) \cdot 1024^2}{2400} = 22867 \text{ пак/с},$$

$$P_{SW1} = \frac{(25,24+9,97+4+6,84+5,56+20,32+54,09+0,73) \cdot 1024^2}{2400} = 55059 \text{ пак/с},$$

3.5 Определение емкостных параметров подключения

При определении емкостных ресурсов подключения будем исходить из следующих правил:

а) для подключения используется стандартный интерфейс с превышением параметров информационного потока, то есть если информационный поток равен 45 Мбит/с, то используется стандартный интерфейс 100 Мбит/с, а не 5 интерфейсов по 10 Мбит/с;

б) каждый объект с целью резервирования подключается с резервным интерфейсом по схеме резервирования 1:1 (то есть необходимо для обслуживания потока 1 интерфейс, то в емкостные параметры закладывается 2 интерфейса).

Таблица 3.8 – Емкостные параметры оборудования

Объект	Интерфейсы
SX	2-10MbitEthernet
RAGW1	2-100MbitEthernet
RAGW3	2-100MbitEthernet
RAGW4	2-100MbitEthernet

TGW1	2-100MbitEthernet
TGW3	2-100MbitEthernet
SW1	к SW2 и SW3 по 2-1GbitEthernet
SW2	к SW1 и SW3 по 2-1GbitEthernet
SW3	к SW1 и SW2 по 2-1GbitEthernet

Результаты расчета позволяют определить схему связи, приведенную в приложении В.

3.6 Описание применяемого оборудования для организации мультисервисной сети

Транспортный шлюз (TGW)

UMG8900 – универсальный медиашлюз, позволяющий осуществлять стыковку между сетями ТфОП и IP. Разнообразие поддерживаемых интерфейсов и функций позволяет устройству взаимодействовать с широким спектром оборудования.

UMG8900 гарантирует высокую надежность сети посредством использования двойного резервирования, обеспечивая также надежность на уровне устройства с помощью распределенной системы синхронизации, модулированной программной и аппаратной структуры и механизма обработки аварий в реальном времени.

Основные параметры:

- а) Поддерживаемые интерфейсы сети IP: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet;
- б) Поддерживаемые протоколы сигнализации сети IP: H.323, H.248/Megaco;
- в) Поддерживаемые протоколы сигнализации сети TDM: OKCS №7, V5.2, DSS-1.

Гибкий коммутатор (Softswitch)

SURPASS HiE 9200 – решение для построения сетей нового поколения

Коммутационная платформа SURPASS HiE 9200 призвана решить проблему перехода к сетям нового поколения для существующей инфраструктуры и представляет собой решение, способное функционировать как в сетях TDM (традиционной телефонии), так и в сетях нового поколения — NGN.

SURPASS HiE 9200 – это программный коммутатор операторского класса, который позволяет реализовать поверх традиционных решений дополнительный уровень функциональных возможностей.

Основные параметры:

- а) Число попыток вызовов в ЧНН: до 16000000 попыток вызовов/ЧНН;
- б) Пропускная способность одновременных вызовов: до 90000 одновременных вызовов;
- в) Число аналоговых абонентов до 1700000 аналоговых абонентов;

г) Поддерживаемые протоколы сигнализации сети IP: H.248/Megaco, SIP-I, SIGTRAN (M2UA, M3UA, IUA);

д) Поддерживаемые протоколы сигнализации сети TDM: OKCN^{№7}, V5.1, V5.2, PRA (ISDN)

е) Речевые кодеки: G.726, G.723.1, G.711 (A/μ), G.729;

ж) Поддерживаемые интерфейсы сети IP: FastEthernet, GigabitEthernet.

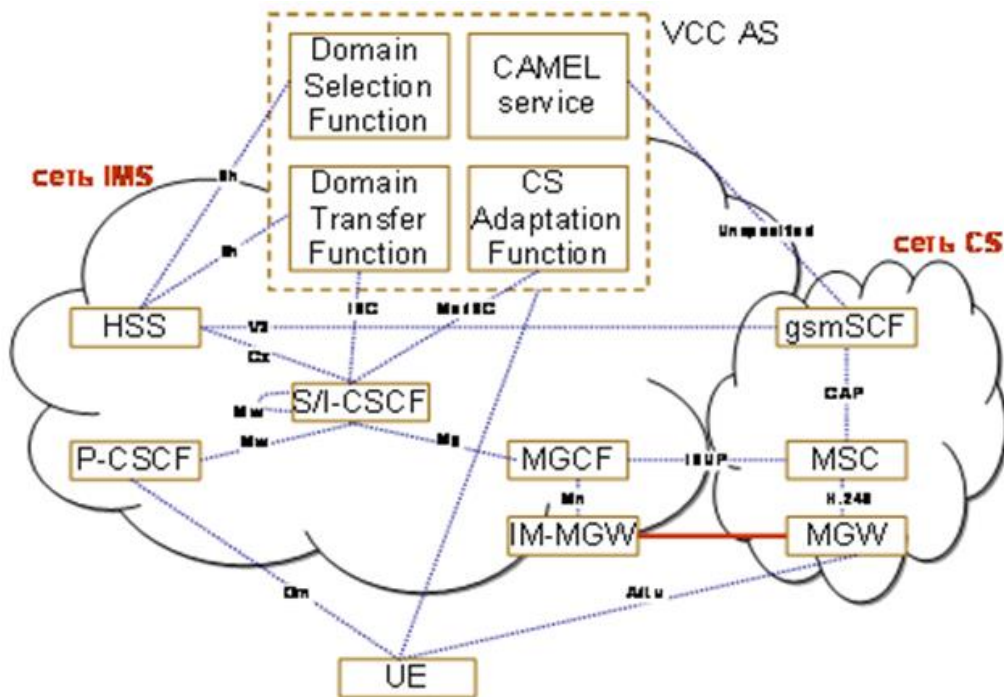


Рисунок 3.1 – Взаимодействие сервера VCC с элементами сети

Для наглядного представления результатов выполнения захвата пакетов и сборки кадров в программе Wireshark имеется возможность отображения данной информации в виде графика передачи пакетов в единицу времени [16]. Результаты измерений представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты измерений в ходе экспериментальных исследований (фрагмент интерфейса программы wireshark)

Время захвата пакетов, с	Количество принятых пакетов N	Скорость обработки пакетов W, пакеты/с	Общая длина пакетов L, бит
6300	48	369	1029
6320	2100	371	95
6340	2240	389	1384
6360	2620	391	1253
6380	2760	397	1389

На рисунке 3.2 представлена зависимость общей длины пакетов от

количества принятых пакетов. Из рисунка 3.2 видно, что с увеличением количества захваченных пакетов общая длина уменьшается.

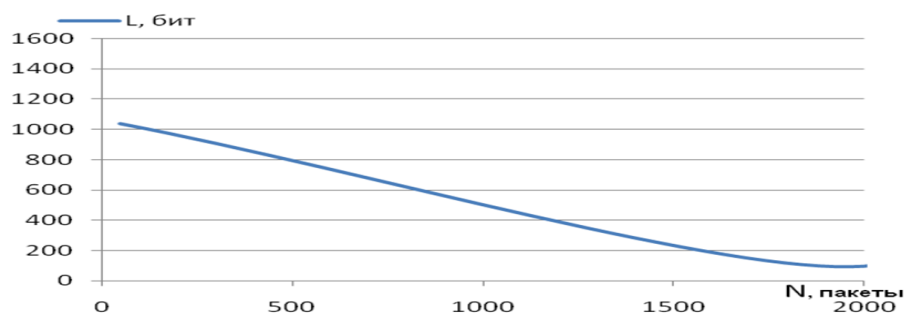


Рисунок 3.2 – Зависимость общей длины пакетов от количества принятых пакетов

На рисунке 3.3 представлена зависимость скорости обработки пакетов от общей длины пакетов.

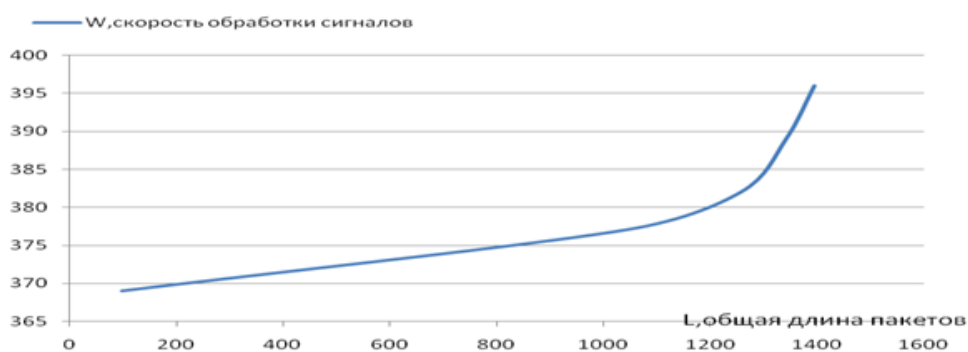


Рисунок 3.3 – Зависимость скорости обработки пакетов от общей длины пакетов

На рисунке 3.4 представлена зависимость скорости обработки пакетов от количества захваченных пакетов.

Можно сказать, что с увеличением общей длины пакетов скорость обработки пакетов возрастает и что с увеличением количества захваченных пакетов скорость обработки убывает.

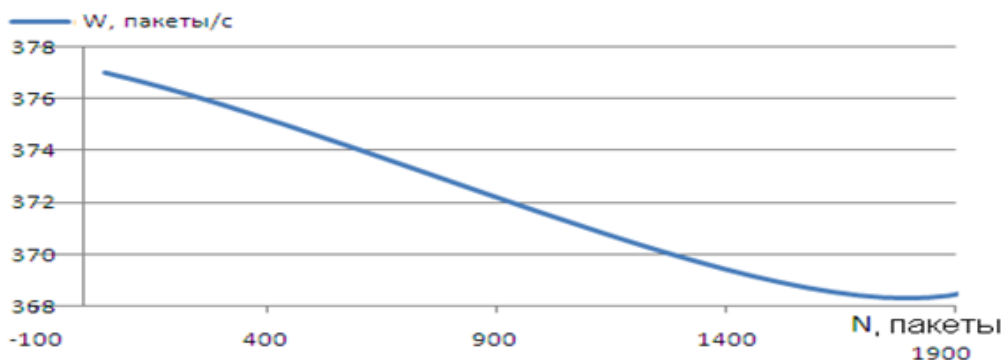


Рисунок 3.4 – Зависимость скорости обработки пакетов от количества захваченных пакетов

На рисунках 3.5 и 3.6 представлен расчет нагрузки на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF на программе Mathcad.

Попадая в сеть IMS, все заявки на обслуживание вызовов поступают на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF. Этот сетевой элемент представляет собой SIP-сервер, управляющий сеансом связи. Для выполнения своих функций, он получает от других сетевых элементов сети всю информацию об устанавливаемом соединении и требуемой услуге.

Функции элемента управления вызовами и сессиями CSCF (I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF), могут иметь разную физическую декомпозицию, то есть они могут быть реализованы как в виде единого блока, обладающего всеми возможностями, так и представлять собой набор устройств, каждое из которых отвечает за реализацию конкретной функции. Независимо от физической реализации, протокол управления сеансами связи остается стандартным – SIP [17]. Выход из строя рабочей станции создает проблемы ее пользователю, остальные пользователи Интернет, скорее всего, этого не заметят, но отказ сервера скажется на работе всех его клиентов, в том числе и удаленных. Выход же из строя маршрутизатора (если это транзитный узел) может оказать влияние на работу целого региона. Отсюда видно, что отдельные узлы могут по-разному влиять на работу сети в целом. Даже в классе серверов можно выделить группы разного влияния на уровень надежности. Очевидно, что влияние на надежность сети может оказывать не только оборудование или ОС, но и прикладные программы.

На рисунке 6.5 представлена зависимость транзитного ресурса между сервером медиаресурсов MRF и элементом S-CSCF от среднего числа SIP сообщений при обслуживании одного вызова между AS и S-CSCF.

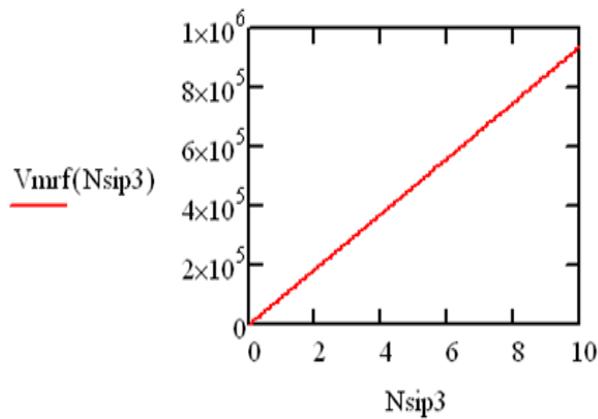


Рисунок 3.5 – Зависимость транзитного ресурса между сервером медиаресурсов MRF и элементом S-CSCF от среднего числа SIP сообщений при обслуживании одного вызова между AS и S-CSCF

На рисунке 6.6 представлена зависимость общий транзитного ресурса для обслуживающего функционального элемента S-CSCF от транзитного ресурса между серверами приложенной (AS) и элементом S-CSCF.

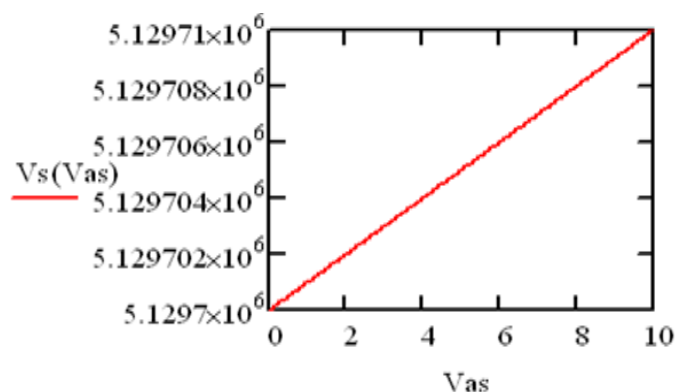


Рисунок 3.6 – Зависимость общий транзитного ресурса для обслуживающего функционального элемента S-CSCF от транзитного ресурса между серверами приложенной (AS) и элементом S-CSCF

3.7 Виртуальные буферы и алгоритмы планирования

Недостатком буфера FIFO (в порядке поступления) является то, что весь трафик должен совместно использовать пространство буфера и емкость сервера, а это может привести к проблемам, таким как глобальная синхронизация. Принцип алгоритма RED состоит в том, что он применяет "тор моза" постепенно, первоначально воздействуя только на несколько сквозных подключений.

Другой подход состоит в том, чтобы разбить пространство буфера на виртуальные буферы и использовать механизм планирования, чтобы разделить между ними емкость сервера. Будь то виртуальные буфера для

отдельных потоков, агрегатов или классов потоков, выщипление разделов дает возможность приспособлять характеристики задержки и потери отдельных виртуальных буферов к определенным требованиям. Это помогает сдерживать любое нежелательное поведение при перегрузке, и не позволяет ему воздействовать на весь трафик в выходном порте FIFO. Конечно, два подхода дополняют друг друга - если больше, чем один поток использует виртуальный буфер, то применение алгоритма RED только к конкретному виртуальному буферу может предотвратить перегрузку этих отдельных потоков пакетов. [25]

3.7.1 Очередь с предшествованием

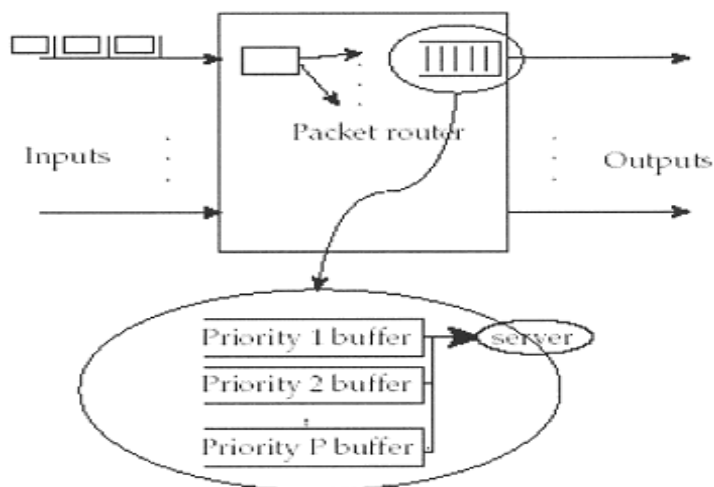


Рисунок 3.7 – Схема Виртуального буфера

Имеется ряд различных алгоритмов планирования. Рассмотрим алгоритм приоритета по времени, также называемый "относительным" приоритетом (HOL -head-of-line), или очередь с предшествованием в IP. Это статическая схема: каждый входящий пакет имеет зафиксированный, заранее определенный уровень приоритета, который он сохраняет на всем движении по сети.

В IPv4 тип поля обслуживания (TOS - Type of Service) может использоваться для определения уровня приоритета, а в IPv6 эквивалентное поле называется Поле Приоритета (Priority Field).

Планирование работает следующим образом:

- а) пакеты приоритета 2 будут обслужены только, если нет ни одного пакета с приоритетом 1;
- б) пакеты приоритета 3 будут обслужены только, если нет пакетов с приоритетом 1 и 2, и т.д.

Любая такая система при практической реализации должна определить p , число различных классов приоритета.

С точки зрения поведения очереди в целом, трафик наивысшего

приоритета видит полную емкость сервера, а каждые последующие уровни видят то, что остается, и т.д. В системе с переменной длиной пакета анализ усложняется, если потоки трафика более низкого приоритета имеют пакеты большего размера.

Предположим, что пакет длиной 1000 октетов с приоритетом 2 только поступил в обслуживание (потому что виртуальный буфер приоритета 1 был пуст), но тут подходит короткий пакет длиной 40 октет с приоритетом 1. Этот первоочередной пакет должен теперь ждать, пока низкоприоритетный пакет не завершит обслуживание - в течение этого времени могло бы быть обслужено 25 таких коротких пакетов.

3.8 Справедливо взвешенная очередь

Проблема очереди с предшествованием состоит в том, что, если высокоприоритетная нагрузка на выходе является слишком высокой, то трафик с низким приоритетом может быть бесконечно отложен. Проблема не в ATM, потому что структура управления трафиком требует, чтобы ресурсы резервировались и оценивались в терминах обеспечения сквозного качества обслуживания. В идеальной среде IP повышение очереди с низким приоритетом не воздействует на передачу высокоприоритетных пакетов, и поэтому не заставляет корректировать их сквозные протоколы транспортного уровня. [33]

Альтернативой является циклическое планирование (round robin scheduling). Здесь, планировщик смотрит на каждый виртуальный буфер по очереди, обслуживая один пакет от каждого, и пропускает все пустые виртуальные буферы. Это гарантирует, что все виртуальные буферы получают некоторую долю емкости сервера, и что емкость не используется вхолостую. Однако короткие пакеты штрафуются - сквозные подключения, которые имеют более длинные пакеты, получают большую долю емкости сервера, потому что она разделяется согласно числу пакетов.

Справедливо взвешенная очередь (WFQ - Weighted fair queueing) разделяет емкость, приписывая вес обслуживанию различных виртуальных буферов. Если эти веса установлены согласно скорости маркеров в спецификации резервированного участка памяти маркера для потоков или агрегатов потока, и резервирование ресурса гарантирует, что сумма скоростей маркеров не превышает емкость обслуживания, то планирование WFQ эффективно обеспечивает независимую обработку каждого виртуального буфера со скоростью обслуживания, равной скорости маркера.

Если комбинировать WFQ с организацией очереди "на поток", то пространство буфера и емкость сервера могут быть приспособлены согласно требованиям на задержку и потери для каждого потока. Это оптимально в смысле управления трафиком, потому что это гарантирует, что потоки с плохим поведением не вызовут чрезмерную задержку или потерю в хороших потоках, и, следовательно, предотвращает глобальные

проблемы синхронизации. Однако, не оптимально в полном смысле потери: это ухудшает использование доступного пространства, чем могло бы, например, полное разделение буфера. Это хорошо видно, когда виртуальный буфер одиночного потока может переполниться, вызвав этим потери, даже когда все еще имеется достаточно пространства в остальной части буфера.

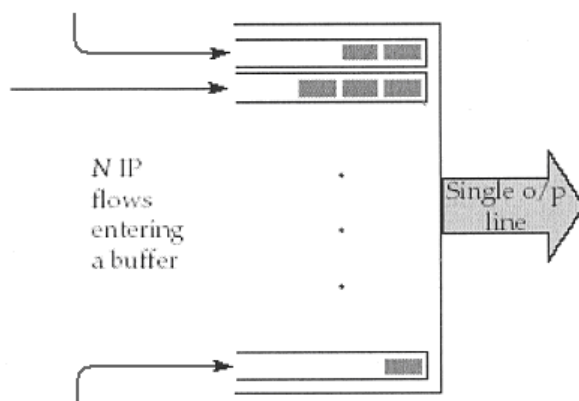


Рисунок 3.8 – Схема виртуального буфера со справедливо взвешенной очередью

Каждый виртуальный буфер может рассматриваться независимо для анализа производительности. Если мы имеем организацию очереди "на поток", то входной трафик является единственным источником. При потоке, с переменной скоростью, для характеристики одиночного ON-OFF источника могут быть использованы пиковая скорость, средняя скорость и длительность импульса для анализа очереди. Если мы имеем организацию очереди "на класс", то может применяться любой соответствующий анализ M/D/1, M/O/1 или анализ множественности ON-OFF в масштабе пачек.

3.9 Разделение пространства буфера

Мы охватили ряд методов для вычисления скорости затухания, и, следовательно, вероятности потерь в буфере при заданных характеристиках трафика. В общем вероятность потерь может быть выражена через скорость затухания d_r и размер буфера X :

$$\text{loss probability} \approx P_r \{ \text{queue size} > X \} = Q(X) = d_r^{X+1} \quad (3.30)$$

Общая формула определения размера буфера:

$$X \approx \frac{\log(\text{loss probability})}{\log(d_r)} - 1 \quad (3.31)$$

Для буферов с реалистичным размером, пропускная способность одного пакета имеет не большое значение, так что упростим это уравнение

$$X \approx \frac{\log(\text{loss probability})}{\log(d_r)} \quad (3.32)$$

Но большинство производителей маршрутизаторов обеспечивают определенное пропускная способность буфера X на каждом выходе, которое может быть разделено между виртуальными буферами согласно требованиям различных классов/агрегатов трафика.

Виртуальные буферные разделы настраиваются путем программирования, и следовательно, должны быть установлены сетевым оператором в соответствии с требуемой вероятностью потерь (LP - loss probability) для каждого класса.

Имеются три различных агрегата трафика, каждый состоящий из некоторого соотношения длинных и коротких пакетов и со средней длиной пакета 500 октет.

Предположим, что каждому агрегированному потоку назначен виртуальный буфер, и он обслуживается в одну треть емкости выходного порта. Если необходимо, чтобы все вероятности потерь были одинаковыми, необходимо разделить имеющееся пропускная способность буфера 200 пакетов (т.е. 100000 октет)

$$LP \approx dr_1^{X_1} = dr_2^{X_2} = dr_3^{X_3} \quad (3.33)$$

при условии, что

$$X_1 + X_2 + X_3 = X = 200 \text{ пакетов.}$$

Прологарифмировав и переставив, получим

$$X_1 \times \log(dr_1) = X_2 \times \log(dr_2) = X_3 \times \log(dr_3) \quad (3.34)$$

Таблица 3.9 - Значения параметров для Бимодальных Агрегатов Трафика

Параметр	Бимодальный 540	Бимодальный 960	Бимодальный 2340
Короткие пакеты (октет)	40	40	40
Длинные пакеты (октет)	540	960	2340
Отношение длинных к коротким, n	13,5	24	58,5

Доля кор отких пакетов, P_s	0,08	0,5	0,8
Частота поступлен ия пакетов, λ	0,064	0,064	0,064
$E[a]$	0,8	0,8	0,8
$a(0)$	0,4628	0,57662	0,75514
$a(1)$	0,33982	0,19532	0,06574
Скор ость затухан ия, d_r	0,67541	0,78997	0,91454

и тогда:

$$X_2 = \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_2)}, \quad (3.35)$$

$$X_3 = \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_3)}. \quad (3.36)$$

Сумми рован ие обеих частей этого ур авн ен ия дает

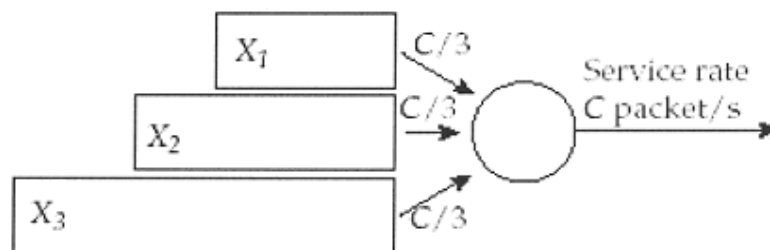
$$X_2 + X_3 = X - X_1 = \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_2)} + \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_3)}. \quad (3.37)$$

Чтобы сделать её ун ивер сальн ой фор мулой, имеем

$$X - X_1 = \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_1)} + \left\{ \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_2)} + \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_3)} \right\} - \frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_1)}, \quad (3.38)$$

$$X - X_1 = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{X_1 \times \log(dr_1)}{\log(dr_j)} \right) - X_1, \quad (3.39)$$

$$X = X_1 \times \log(dr_1) \times \sum_{j=1}^3 \left(\frac{1}{\log(dr_j)} \right). \quad (3.40)$$



Р исунок 3.9 - Пр имер р азделен ия пр остр ан ства буфер а

Таким обр азом, можем записать

$$X_i = \frac{X}{\log(dr_i) \times \sum_{j=1}^3 \left(\frac{1}{\log(dr_j)} \right)} \quad (3.41)$$

В нашем примере, имеем

$$\begin{aligned} X &= 200 \text{ пакетов} \\ dr_1 &= 0,67541 \\ dr_2 &= 0,78997 \\ dr_3 &= 0,91454 \end{aligned}$$

Применив формулу разделения, получаем (до ближайшего целого пакета)

$$\begin{aligned} X_1 &= 28 \text{ пакетов} \\ X_2 &= 47 \text{ пакетов} \\ X_3 &= 125 \text{ пакетов} \end{aligned}$$

Это дает вероятности потерь для каждого виртуального буфера примерно $1,5 \times 10^{-5}$.

Если мы хотим достичь различных вероятностей потерь для каждого класса трафика, мы можем ввести масштабный коэффициент S_i , связанный с каждым классом трафика. Например, мы можем потребовать, чтобы вероятности потерь в нашем примере соотносились как

$$10000 \times LP_1 = 100 \times LP_2 = 1 \times LP_3,$$

то есть

$$\begin{aligned} S_1 &= 10000 \\ S_2 &= 100 \\ S_3 &= 1 \end{aligned}$$

Приведем к числу виртуальных буферов V , и изменим предыдущий подход, учитывая любое масштабирование вероятности потерь.

$$S_1 \times dr_1^{X_1} = S_2 \times dr_2^{X_2} = \dots = S_j \times dr_j^{X_j} = \dots = S_V \times dr_V^{X_V} \quad (3.42)$$

где $X = \sum_{j=1}^V X_j$.

Прологарифмировав и переставив, получим

$$\log(S_1) + X_1 \times \log(dr_1) = \log(S_2) + X_2 \times \log(dr_2) = \dots = \log(S_V) + X_V \times \log(dr_V) \quad (3.43)$$

и тогда

$$\begin{aligned}
 X_2 &= \frac{\log(S_1) + X_1 \times \log(dr_1) - \log(S_2)}{\log(dr_2)} \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 &\quad \cdot \\
 X_v &= \frac{\log(S_1) + X_1 \times \log(dr_1) - \log(S_v)}{\log(dr_v)}, \tag{3.44}
 \end{aligned}$$

После суммирования обеих частей и некоторой перестройки, получаем общую формулу

$$X_i = \frac{X + \sum_{j=1}^v \left(\frac{\log(S_j)}{\log(dr_j)} \right)}{\log(dr_i) \times \sum_{j=1}^v \left(\frac{1}{\log(dr_j)} \right)} - \frac{\log(S_i)}{\log(dr_i)} \tag{3.45}$$

Эта формула разделения буфера может использоваться для оценки правильного размера раздела, выделенного любому классу трафика, зависящего только от знания суммарного доступного пространства, скорости затухания и желаемых коэффициентов масштаба.

Для нашего примера с тремя виртуальными буферами, имеем

$$\begin{aligned}
 X &= 200 \text{ пакетов} \\
 dr_1 &= 0,67541, \\
 dr_2 &= 0,78997, \\
 dr_3 &= 0,91454,
 \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 10000, \\
 S_2 &= 100, \\
 S_3 &= 1,
 \end{aligned}$$

применив общую формулу разделения, получаем (до ближайшего целого пакета)

$$\begin{aligned}
 X_1 &= 46 \text{ пакетов}, \\
 X_2 &= 56 \text{ пакетов}, \\
 X_3 &= 98 \text{ пакетов}.
 \end{aligned}$$

Это дает вероятности потерь для каждого виртуального буфера

$$\begin{aligned}
 LP_1 &= 1,446 \times 10^{-8}, \\
 LP_2 &= 1,846 \times 10^{-6}, \\
 LP_3 &= 1,577 \times 10^{-4}.
 \end{aligned}$$

Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие заключения:

1. Разработана математическая модель динамического управления сетевыми ресурсами. Предложенная модель имеет ряд преимуществ: учет динамики процессов в мультисервисных гетерогенных ТКС; обеспечение адаптивной балансировки информационных ресурсов, как одиночного УА, так и всей сети в целом; совместимость с существующими АМ.

2. Разработанный адаптивный алгоритм управления сетевыми ресурсами превосходит однопутевые АМ на любых сложных топологиях ТКС по основным показателям QoS, позволяя повысить максимальные ПС в сети на 10-22%.

Результаты сравнения с многопутевыми АМ зависят от исследуемой топологии, однако в частных случаях разработанный метод при высоких сетевых нагрузках дает меньшие средние задержки и вероятности блокировки, тем самым увеличивая ПС в сети на 3-10%.

Литература:

2. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP / Пер.с англ. М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 386 с.
3. Лемешко А.В. Динамическая модель балансировки буферных и канальных ресурсов транспортной сети телекоммуникационной системы [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, Д.В. Симоненко // Проблемы телекоммуникаций. 2010. № 2 (2). С. 42 -49. http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_lemeshko_dynamic.pdf.
4. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / За загал. ред. Поповського В.В. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ». 2006. 564 с.
5. Стетанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. СПб: Питер. 2007. 512с.
6. Буханько А.Н., Безрук В.М., Дуравкин Е.В. Алгоритмы управления каналами связи интеллектуального агента участка сети / Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2009. 645. С. 68-72.
7. Безрук В.М. Векторная оптимизация и статистическое моделирование в автоматизированном проектировании систем связи. Харьков: ХНУРЭ, 2002.
8. Безрук В.М., Буханько А.Н., Бидный Ю. М., Демин А.Н. Реализация двух подходов к управлению сетевыми ресурсами в телекоммуникационных системах с учетом совокупности показателей качества обслуживания Харьков: ХНУРЭ, 2002.
9. Авен, О. И. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем / О. И. Авен, Н. И. Гурин, Я. А. Коган. - М.: Наука, 1982. - 464 с.
10. Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах / В. И. Варшавский [и др.]; под ред. В. И. Варшавского. - М.: Наука, 1986.-400 с.
11. Антонюк, А. В. Системный анализ / А. В. Антонюк. - М.: Высшая школа, 2004.-454 с.
12. Бадман, О. Л. Поведенческие свойства сетей Петри / О. Л. Бадман // Техническая кибернетика. - 1987. - №5. - С. 134-150.
13. Башарин, Г. П. Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета / Г. П. Башарин, П. П. Бочаров, Я. А. Коган. - М.: Наука, 1989.-336 с.
14. Башарин, Г. П. Массовое обслуживание в телефонии / Г. П. Башарин, А. Д. Харкевич, М. А. Шнепс. - М.: Наука, 1968. - 246 с.
15. Бронштейн, О. И. Модели приоритетного обслуживания в информационно-вычислительных системах / О. И. Бронштейн, И. М. Духовный. - М.: Наука, 1976. - 220 с.
16. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. - М.: Наука, 1978.-400 с.

17. Ю.Буч, Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, А. Джекобсон ; пер. с англ. - СПб.: Питер, 2003. - 432 с.
18. Н.Варакин, Л. Е. Интеллектуальная сеть: Эволюция сетей и услуг связи / Л. Е. Варакин // Электросвязь. - 1992. - № 1. - С. 9-13.
19. И.Васильев, В. В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем / В. В. Васильев, В. В. Кузьмук. - Киев: Наукова думка, 1990. - 216 с.
20. М.Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2007.-491 с.
21. Вишневицкий, В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневицкий. - М.: Техносфера, 2003. - 512 с.
22. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. - М.: КомКнига, 2005. - 400 с.
23. Гольдштейн, Б. С. Call-центры и компьютерная телефония / Б. С. Гольдштейн, В. А. Фрейнкман. - СПб.: БХВ - Санкт-Петербург,-372 с.
24. Гольдштейн, Б. С. Интеллектуальные сети / Б. С. Гольдштейн, И. М. Ехриель, Р. Д. Рерле. - М.: Радио и связь, 2000. - 500 с.
25. Гребешков, А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / А. Ю. Гребешков. - М.: Эко-Трендз, 2003. - 288 с.
26. Гринько, Д. Системы управления сетями связи. Обзор рынка, вопросы терминологии. Ч. 1 / Д. Гринько // Мир связи. Connect. - 2001. - № 10. - С. 74-77.
27. Доррер, Г. А. Методы моделирования дискретных систем / Г. А. Доррер. - Красноярск: ИПЦКГТУ, 2005. - 171 с.
28. Дубова, Н. Управление услугами для бизнеса / Н. Дубова // Открытые системы. - 2005. - № 1. - С. 28-33.
29. Ерохин, А. В. TMN: надежда и реальность альтернативных подходов / В. Ерохин, Н. А. Корнеев. // Вестник связи. - 2000. - № 4. - С. 93-98.
30. Ершов, В. А. Мультисервисные телекоммуникационные сети / А. Ершов, Н. А. Кузнецов. - М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана,-432 с.

Приложение №1

Результаты сравнения методов управления трафиком для двух указанных топологий приведены зависимостями вероятности блокировки:

$P_{\text{блок}}$ (рис. 2, 4) и

задержки – T (рис. 3, 5)

информационных пакетов в сети от интенсивности источников трафика (1 – однопутевая маршрутизация (OSPF); 2 – многопутевая маршрутизация (IGRP); 3 – предложенный алгоритм адаптивной балансировки).

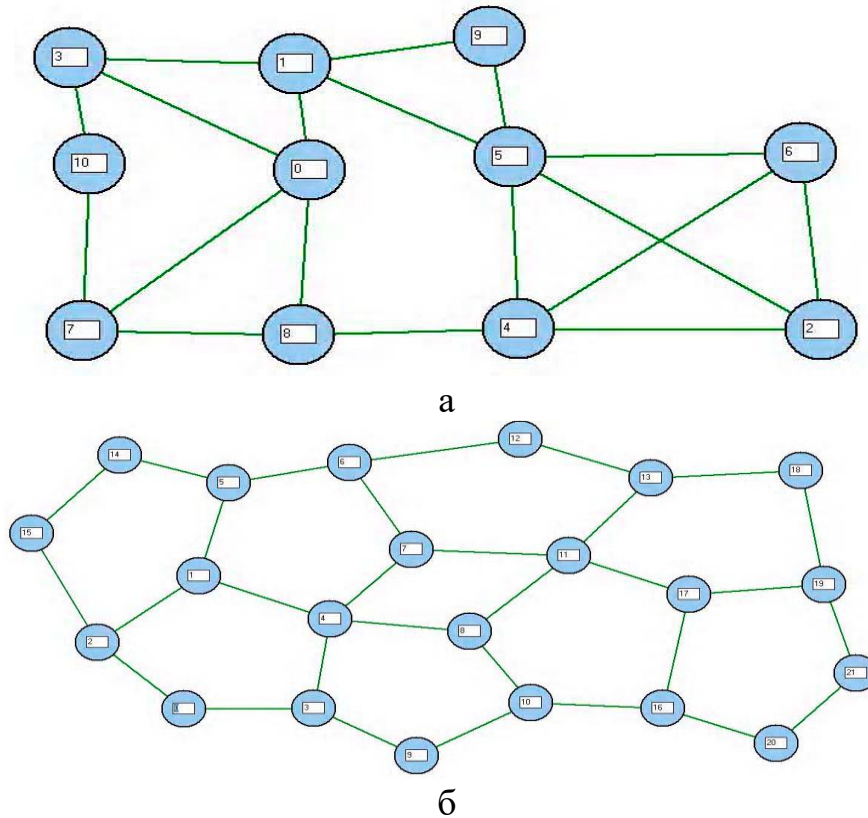


Рисунок 1 – Исследуемые топологии ТКС с системой УА

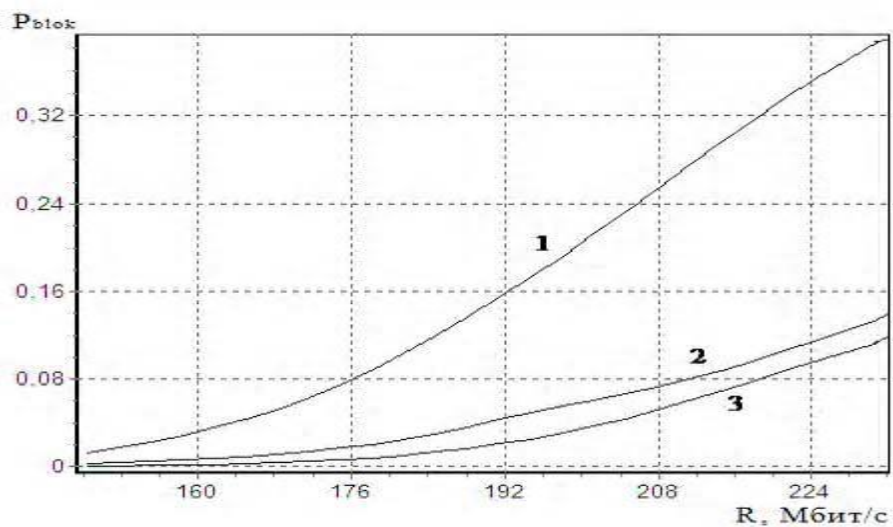


Рисунок 2 – Зависимость $P_{\text{блок}}$ от скорости (топология 1)

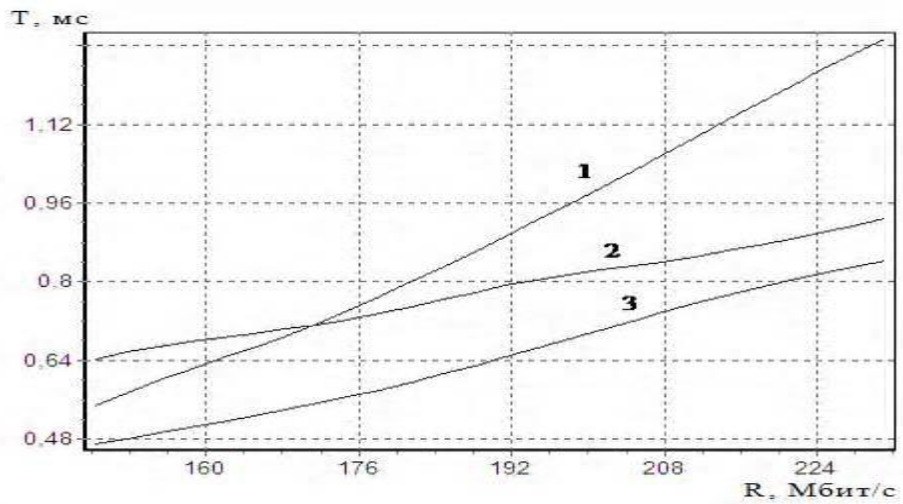


Рисунок 3 – Зависимость T от скорости (топология 1)

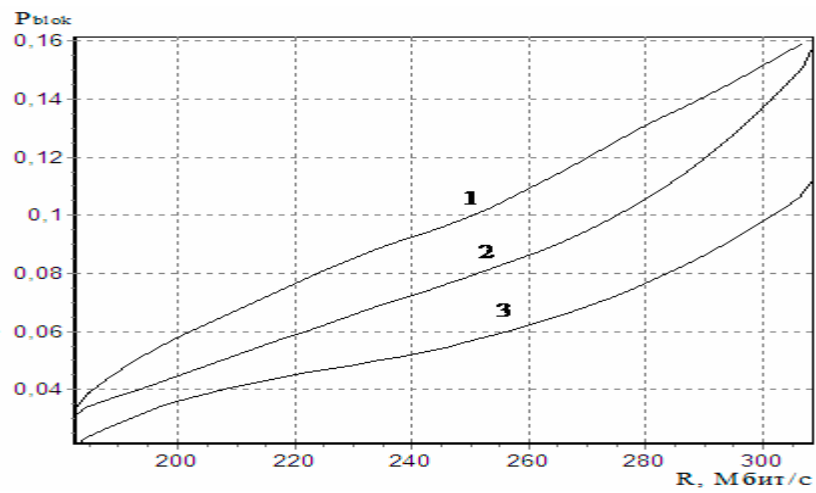


Рисунок 4 – Зависимость $P_{\text{блок}}$ от скорости (топология 2)

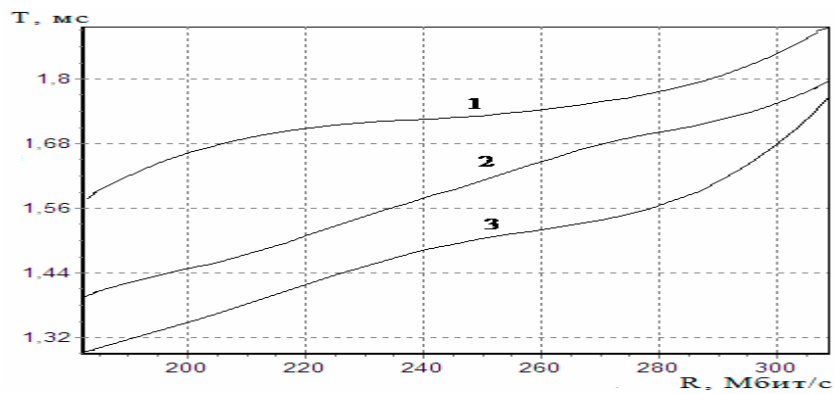


Рисунок 5 – Зависимость T от скорости (топология 2)