

**Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Кафедра «Телекоммуникационные системы»

Специальность: 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой

к.т.н., профессор Байкенов А.С.  
(ученая степень, звание, ФИО)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
пояснительная записка**

на тему: «Исследование качества в системах передачи информации  
локальных сетей»

Магистрант: <u>Сергазиева А.К.</u> (Ф.И.О.)	<u></u> (подпись)	группа <u>МРЭн - 13-1</u>
Руководитель: <u>к.т.н., професор</u> (ученая степень, звание)	<u>_____</u> (подпись)	<u>Казиева Г.С.</u> (Ф.И.О.)
Рецензент: <u>к.т.н., профессор</u> (ученая степень, звание)	<u></u> (подпись)	<u>Хасенова Г.И.</u> (Ф.И.О.)
Консультант по ВТ: <u>к.т.н., ст.препод</u> (ученая степень, звание)	<u></u> (подпись)	<u>Ефремова Ю. И</u> (Ф.И.О.)
Нормоконтроль: <u>ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	<u></u> (подпись)	<u>Демидова Г.Д.</u> (Ф.И.О.)

Алматы, 2015

## **Аңдатпа**

Бұл магистрлік диссертацияда ақпарат тасымалдауда локалдык желінің параметрлік сапасын жақсарту мәселесі қарастырылған. Зерттеу барысында физикалық тәжірибе жүргізіліп, нәтижелері жұмыста көрсетілген.

Оған қоса локалды желі жұмысының кей параметрлерінің есептелеулері жүргізілді. Жүргізілген есептеулер нәтижесі желінің параметрлік сапасының бастапқыда ұсынылған көрсеткіштерімен ұсынылды.

## **Аннотация**

В данной магистерской диссертации рассмотрены вопросы оценки качества параметров с целью улучшения работы локальных сетей при передаче информации. Был проведен физический эксперимент, результаты которого, так же представлены в данной работе.

Вместе с тем, были проведены расчеты некоторых параметров функционирования локальной сети. Выполненные расчеты были сравнены с рекомендациями по расчету качества параметров сети.

## **Annotation**

This master's thesis deals with issues of quality assessment parameters in order to improve the work of local networks in the transmission of information. Results of conducted physical experiment are also presented in this study.

Along with this, calculations of some parameters of functioning of local network were conducted. Completed calculations were compared with the recommendations on calculation of quality of the network's parameters.

## Содержание

Введение	6
1 Исследование существующих принципов построения сетей	7
1.1 Расширенный обзор классификации ЛВС	7
1.2 Анализ основных требований к современным локальным вычислительным сетям	10
1.3 Анализ основных составляющих телекоммуникационного оборудования	12
2 Требования, предъявляемые к современным локальным вычислительным сетям	14
2.1 Общие принципы модели функционирования локальной сети	18
2.2 Описание имитационной модели на языке GPSS	19
2.3 Алгоритм функционирования	23
2.4 Анализ результатов	24
3 Экспериментальная часть	34
3.1 Исследование производительности коммутатора Planet FGSW - 2402 RS в Mpps	36
3.2 Исследование работы маршрутизатора D - link DIR 300 в Mpps	37
3.3 Численные результаты данных, полученных при проведении экспериментов в проектируемой ЛВС	39
4 Расчетная часть	43
4.1 Расчет пропускной способности среды	43
4.2 Расчет некоторых параметров функционирования локальной сети	44
4.3 Рекомендации по расчету качества параметров сети	53
Заключение	57
Перечень сокращений	58
Список литературы	59
Приложение А Фрагмент отчета работы эксперимента в среде Cisco Packet Tracer	60
Приложение Б Электронная версия магистерской работы и демонстрационные видеоматериалы (CD-R)	
Приложение В Раздаточные материалы (формат А4 15 листов)	

## Введение

Современные образовательные технологии являются сегодня необходимыми участниками модернизации и развития системы образования, они позволяют отказаться от накопления знаний в пользу освоения способов деятельности в условиях доступности информационных ресурсов и повысить уровень профессиональной подготовки специалистов, востребованных обществом.

Главным направлением становится обеспечение интеллектуального развития навыков эффективного использования информационных ресурсов и применения программных продуктов.

В настоящее время сохраняется вопрос о повышении качества передачи данных в локальных сетях. Самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния считается оптическое волокно. В связи с чрезвычайно широким распространением оптоволокна в качестве среды передачи довольно актуальной является проблема его качества [1,2,3]. В известных источниках поверхностно затронута эта проблема, но ни в одной из них не раскрывается вопрос о повышении качества. На данный момент качество передачи информации в локальных сетях является нерешенной проблемой. Вычислительная сеть (ВС) состоит из вычислительных машин и сети передачи данных (сети связи). ВС классифицируются по геометрическим масштабам на следующие классы сетей: глобальная вычислительная сеть; широкомасштабная (корпоративная) сеть; региональная (кампусная) сеть; локальная сеть. Требования, предъявляемые к вычислительной сети в данной прикладной области, определяют географические масштабы ВС и скорости передачи данных. Под локальной вычислительной сетью (ЛВС) обычно понимают ВС, соединяющие вычислительные машины в одной комнате, здании или несколько близко расположенных зданиях.

Целью данной работы является оценка качества параметров с целью улучшения работы локальных сетей при передаче информации. Для достижения своей цели в работе необходимо сделать следующее: исследовать существующие принципы построения сетей, освоить требования, предъявляемые к современным локальным вычислительным сетям, провести исследование настроек при работе сетевого устройства и на различном оборудовании. В экспериментах использовалась программа Cisco Packet Tracer, которая отражает широкий диапазон полученных параметров. После проведенного эксперимента были произведены расчеты некоторых параметров функционирования локальной сети.

# 1 Исследование существующих принципов построения сетей

## 1.1 Расширенный обзор классификации ЛВС

Локальная сеть (ЛВС) представляет собой коммуникационную систему, позволяющую совместно использовать ресурсы компьютеров, подключенных к сети, таких как принтеры, плоттеры, диски, модемы, приводы CD-ROM и другие периферийные устройства. Локальная сеть обычно ограничена территориально одним или несколькими близко расположенными зданиями [3].

Обзор основной классификации ЛВС.

Вычислительные сети классифицируются по ряду признаков [2]:

- по расстоянию между узлами;
- по топологии сети;
- по способу управления ЛВС;
- по используемой физической среде передачи данных;
- по методу доступа ЛВС.

Далее рассмотрим подробнее каждую из перечисленных признаков.

Классификация по расстоянию между узлами.

При проектировании компьютерной вычислительной сети необходимо четко определить ее назначение, функции, решаемые задачи, выбрать ее топологию, протоколы передачи данных. Наличие этой информации позволит подобрать требуемое оборудование в соответствии с бюджетом и грамотно провести построение локальных сетей.

Правильно спроектированная вычислительная сеть даст возможность избежать множества проблем. Проблемы возникают от неправильного соединения оборудования, так же от настроек, прописанных для того или иного оборудования. Вложенные средства быстро окупятся, поскольку такая структура не потребует больших затрат на эксплуатацию. При правильном проектировании и построении локальной сети, она значительно облегчит работу и соответственно уменьшит затраты.

Основные принципы планирования локальных вычислительных сетей заключаются в следующем:

- определение общих правил построения и использования сети;
- учет условий заказчика и требований по прокладке сети;
- обеспечение необходимого уровня эксплуатации проектируемой сети.
- планирования сети на длительную перспективу с учетом ее развития;

Таким образом, планирование современных компьютерных сетей является достаточно сложной задачей, как для заказчиков сети, так и для разработчиков. Компьютерные сети стали неотъемлемой частью нашего современного мира. Создание современных локальных сетей требуют много параметров. Так как специальные условия и требования заказчика сети могут содержать определенные ограничения, например, финансовые, временные, природно-климатические и др. Эта задача требует учета многих факторов.

Основные этапы планирования широкополосной сети:

- определение существующей и планируемой загрузки;
- выбор среды передачи;
- определение видов предоставляемых услуг;
- определение базовых сетевых технологий;
- планирования управления и синхронизации;
- выбор архитектуры и топологии сети;
- оптимизация топологии;
- планирование системы эксплуатационно-технического обслуживания;
- расчет и уплотнение стоимости.

В зависимости от расстояний между связываемыми узлами различают вычислительные сети [4]:

- местные – ограниченные зданием или группой зданий;
- территориальные (региональные) – охватывающие значительное географическое пространство, действующие в пределах ограниченной территории, но охватывающие значительное географическое пространство (город, область, страна);
- глобальные – связывающие узлы, находящиеся в различных регионах и точках мира.

Классификация по топологии сети.

Сетевая топология – это геометрическая форма сети. В зависимости от топологии соединений узлов различают сети шинной (магистральной), кольцевой, звездной, иерархической, произвольной структуры [4].

- шинная (bus) (рисунок 1, а) – локальная сеть, в которой связь между любыми двумя станциями устанавливается через один общий путь и данные, передаваемые любой станцией, одновременно становятся доступными для всех других станций, подключенных к этой же среде передачи данных (последнее свойство называют широковещательностью);
- кольцевая (ring) (рисунок 1, б) – узлы связаны кольцевой линией передачи данных (к каждому узлу подходят только две линии), данные, проходя по кольцу, поочередно становятся доступными всем узлам сети;
- звезда (star) (рисунок 1, в) – имеется центральный узел, от которого расходятся линии передачи данных к каждому из остальных узлов;
- иерархическая (рисунок 1, г) – каждое устройство обеспечивает непосредственное управление устройствами, находящимися ниже в иерархии.

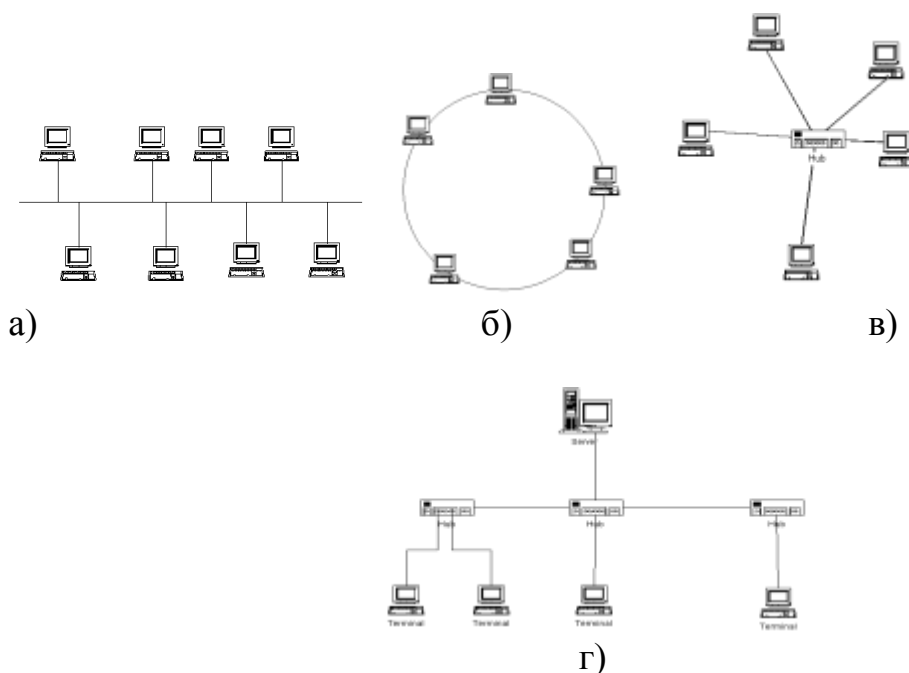


Рисунок 1 – Сетевые топологии

Классификация по способу управления ЛВС.

Существует несколько способов управления сетью, в зависимости от этого различают следующие сети:

- «клиент / сервер» – в них выделяется один или несколько узлов (их название – серверы), выполняющих в сети, управляющие или специальные обслуживающие функции, а остальные узлы (клиенты) являются терминальными, в них работают пользователи. Сети клиент / сервер различаются по характеру распределения функций между серверами, другими словами по типам серверов (например, файл-серверы, серверы баз данных).
- одноранговые – в них все узлы равноправны; поскольку в общем случае под клиентом понимается объект (устройство или программа), запрашивающий некоторые услуги, а под сервером – объект, предоставляющий эти услуги, то каждый узел в одноранговых сетях может выполнять функции и клиента, и сервера;
- сетевая концепция построения, при которой оборудование конечного пользователя предоставляет только функции ввода-вывода, а все запросы на обработку и получение информации выполняет сетевое ядро.

Классификация по используемой физической среде передачи данных.

В зависимости от среды передачи данных выделяют следующие три типа передающей среды:

- проводные кабельные сети;
- оптоволоконные кабельные сети;
- беспроводные сети.

Классификация по методу доступа ЛВС

- случайный метод доступа – наиболее известными из них являются метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection CSMA/CD), который регламентируется стандартом IEEE 802.3 (Ethernet);
- детерминированный метод доступа – метод передачи маркера, который регламентируется стандартом IEEE 802.5 (Token Ring).

## **1.2 Анализ основных требований к современным локальным вычислительным сетям**

Главным требованием, предъявляемым к сетям, является обеспечение пользователям потенциальной возможности доступа к разделяемым ресурсам всех компьютеров, объединенных в сеть. Остальные требования – производительность, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, масштабируемость – связаны с выполнением этой основной задачи [5].

Хотя все эти требования важны, есть 2 важные характеристики сети – производительность и надежность.

Характеристики производительности сети и её виды.

Существует несколько характеристик производительности сети:

- пропускная способность;
- время реакции;
- задержка передачи и ее вариации.
- виды пропускной способности:
- средняя пропускная способность – вычисляется за длительный промежуток времени (час, день, неделя);
- максимальная пропускная способность – наибольшая мгновенная пропускная способность, зафиксированная в течение определенного периода наблюдения. Позволяет оценить возможности сети справляться с пиковыми нагрузками, характерными для особых периодов работы сети (например, начало рабочего дня, когда множество пользователей одновременно регистрируются в сети, тем самым, обращаясь к серверам сети).

Время реакции сети является важной интегральной характеристикой производительности сети с точки зрения пользователя. В общем случае время реакции определяется как интервал времени между запросом, к какой либо сетевой службе и получением ответа на этот запрос.

Значение этого показателя зависит от типа службы, к которой обращается пользователь, от того, какой пользователь и к какому серверу обращается, а так же от текущего состояния локальной сети.

Такая характеристика, как пропускная способность отражает объем данных, переданных сетью или ее частью в единицу времени. Она непосредственно характеризует качество выполнения основной функции сети – транспортировки сообщений. Она говорит о скорости выполнения



внутренних операций сети – передача пакетов данных между узлами сети через различные коммуникационные устройства. Поэтому чаще используется при анализе производительности сети.

Задержка передачи, характеристика производительности сети, определяется как задержка между моментом поступления пакета на вход сетевого устройства и моментом появления его на выходе этого устройства. Обычно задержки составляют сотни миллисекунд.

#### *Расширяемость и масштабируемость сети.*

Расширяемость означает возможность добавления отдельных элементов сети, наращивания длины сегментов сети и замены аппаратуры. Расширение может обеспечиваться в ограниченных пределах.

Масштабируемость означает, что сеть позволяет наращивать количество узлов и протяженность каналов в широких пределах, при этом производительность сети не ухудшается. Масштабируемость обеспечивается применением дополнительного оборудования и структуризацией сети.

Расширяемость и масштабируемость играет важную роль в дальнейшем развитии сети. Учет данных параметров на ранних этапах проектирования позволяет сэкономить время и средства компании в будущем.

#### *Проблема надежности и безопасности сети*

Локальные и глобальные сети, средства телекоммуникации затрагивают все сферы нашей жизни – как деловой, так и личной и именно поэтому, на первый план выдвигаются проблемы обеспечения бесперебойности работы, безопасности данных и их защита от несанкционированного доступа и вторжения в сеть.

Безопасность сети – способность сети защитить данные от несанкционированного доступа и вторжения в сеть. В локальных сетях информация передается по открытым линиям связи, в которых могут быть установлены средства перехвата сообщений.

Показатели надежности, среднее время наработки на отказ, вероятность отказа, интенсивность отказов, коэффициент готовности используются для технических устройств. Кроме того, в сети необходимо обеспечить сохранность данных и защиту от искажений [5].

#### *Анализ управляемости сети*

Управляемость сети подразумевает возможность централизованно контролировать состояние основных элементов сети, выявлять и разрешать проблемы, возникающие при работе сети, выполнять анализ производительности и планировать развитие сети.

Система управления наблюдает за сетью и обнаруживает проблему, активизирует определенное действие, исправляет ситуацию и уведомляет пользователя о том, что произошло и какие действия сделаны. Система управления должна накапливать информационные данные, на основании которых проводится планирование и развитие сети.

В настоящее время в области управления сетями недостаточно удобных, компактных и много протокольных средств управления сетью. Большинство

существующих средств не управляют сетью, а всего лишь осуществляют наблюдение за ее работой. Они не выполняют активных действий, оставляя это за человеком.

### **1.3 Анализ основных составляющих телекоммуникационного оборудования**

Анализ горизонтальной кабельной системы.

Горизонтальная кабельная система начинается телекоммуникационной розеткой на рабочем месте пользователя и заканчивается горизонтальным кроссом в телекоммуникационном шкафу. Система включает в себя: розетку, горизонтальный кабель, точки терминирования и коммутационные шнуры, представляющие собой горизонтальный кросс.

Горизонтальная кабельная система имеет топологическую конфигурацию «звезда». Максимальная протяженность любого горизонтального кабельного сегмента не должна превышать 90 м. Каждое рабочее место пользователя соединено непосредственно с горизонтальным кроссом в телекоммуникационном шкафу.

Во всем объеме кабельных сегментов телекоммуникационной инфраструктуры здания горизонтальные кабели по своему количеству занимают первое место. Несмотря на то, что стандарт суживает круг возможных вариантов кабельной продукции, одним из основных моментов при планировании сети передачи данных является правильный выбор типа передающей среды. Это обеспечивает поддержку вероятных изменений в будущем.

Применяемый тип кабеля должен служить более одного планируемого периода развития телекоммуникационной сети. В горизонтальной подсистеме стандартом 568 разрешается использовать следующие типы передающих сред:

- кабель UTP 4 пары;
- кабель STP-A 2 пары;
- многомодовое оптическое волокно;
- коаксиальный кабель.

Характеристики витой пары и критерии выбора.

Витая пара представляет собой вид кабеля связи, состоящий из одной или нескольких пар изолированных проводников, скрученных между собой, покрытых пластиковой оболочкой[6].

Свивание проводников производится с целью:

- повышения уровня качества связи между собой проводников каждой взятой пары, электромагнитная помеха одинаково влияет на оба провода пары;
- уменьшения от внешних источников электромагнитных помех;
- при передаче дифференциальных сигналов уменьшения взаимных наводок.

Витая пара – один из компонентов современных структурированных кабельных систем. Для снижения связи отдельных пар кабеля в кабелях UTP

категории 5 и выше провода пары свиваются с различным шагом. Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала в таких технологиях, как Ethernet, Arcnet и Token Ring. В настоящее время является самым распространённым решением для построения проводных (кабельных) локальных сетей, благодаря своей дешевизне и лёгкости в монтаже.

При выборе кабеля необходимо учитывать важные электромагнитные характеристики кабеля. Кабель категории 5 имеют следующие значения электромагнитных характеристик[6]:

- полное волновое сопротивление в диапазоне частот до 100 МГц равно 100 Ом (допускается также кабель с волновым сопротивлением 120 Ом);
  - величина перекрестных наводок в зависимости от частоты сигнала должна принимать значения не менее 74 дБ на частоте 150 кГц и не менее 32 дБ на частоте 100 МГц;
  - затухание имеет предельные значения от 0,8 дБ (на частоте 64 кГц) до 22 дБ (на частоте 100 МГц);
  - суммарное переходное затухание на ближнем конце (PS NEXT) – не менее 27,1 дБ;
  - защищенность на дальнем конце – не менее 17 дБ;
  - активное сопротивление не должно превышать 9,4 Ом на 100 м;
- Критерии выбора активного оборудования Fast Ethernet.

Коммутатор – одно из наиболее важных устройств, используемое при построении корпоративных сетей. Коммутатор работает на втором канальном уровне модели OSI. Главное назначение коммутатора – разгрузка сети посредством локализации трафика в пределах отдельных сегментов.

Коммутаторы второго и третьего уровней модели OSI могут быстро продвигать пакеты, но это не единственное свойство сетевого оборудования, которое требуется для создания современной сети.

Ключевым звеном коммутатора является архитектура без блокирования (non-blocking). Она позволяет установить множественные связи сети Ethernet между разными парами портов одновременно, причем кадры не теряются в процессе коммутации. Сам трафик между взаимодействующими сетевыми устройствами остается локализованными. Локализация осуществляется с помощью адресных таблиц. Таблицы устанавливают связь каждого порта с адресами сетевых устройств, которые относятся к сегменту этого порта. Адресная таблица заполняется в процессе анализа коммутатором адресов станций отправителей в передаваемых ими кадрах. Кадр передается через коммутатор локально в соответствующий порт только тогда, когда адрес станции назначения, указанный в поле кадра, уже содержится в адресной таблице этого порта. В случае отсутствия в таблице адреса станции назначения, кадр рассылается во все остальные сегменты. Если коммутатор обнаруживает, что MAC-адрес станции назначения приходящего кадра находится в таблице MAC-адресов, приписанной за портом, то этот кадр

сбрасывается – его непосредственно получит станция назначения, находящаяся в данном сегменте.

И, наконец, если входящий кадр является широковещательным (broadcast), то есть если все биты поля MAC-адреса получателя в кадре задаются равными 1, то такой кадр будет размножен коммутатором, то есть направляются во все остальные порты [7].

Сетью нужно управлять, и одним из аспектов управления является обеспечение нужного качества обслуживания. Поддержка обеспечения нужного качества обслуживания дает администратору возможность предвидеть и контролировать поведение сети за счет изменения приоритетов исполнения и приложений, подсетей и конечных станций, или предоставлении им гарантированной пропускной способности.

При построении проекта локальной вычислительной сети будут учтены следующие критерии при выборе коммутатора:

- высокая производительность;
- коммутатор 2 уровня;
- безопасность;
- многоуровневое качество обслуживания;
- возможность установки в стойку 19»;
- возможность подключения резервного источника питания.

Различают две альтернативные технологии коммутации:

- Без буферизации (cut-through);
- С буферизацией SAF (store-and-forward).

Резервирование – метод повышения характеристик надёжности. При использовании резервного источника питания время безотказной работы коммутатора возрастает.

## **2 Требования, предъявляемые к современным локальным вычислительным сетям**

Локальная Вычислительная сеть создается для обеспечения потенциального доступа к любому ресурсу сети для любого пользователя сети. Качество доступа к ресурсу как глобальная характеристика функционирования сети может быть описана многими показателями, выбор которых зависит от задач, стоящих перед вычислительной сетью. Среди основных показателей можно выделить следующие:

- а) производительность;
- б) надежность;
- в) управляемость;
- г) расширяемость;
- д) прозрачность.

### *Производительность*

Производительность вычислительной сети может быть оценена с разных позиций. С точки зрения пользователя, важным числовым показателем производительности сети является время реакции системы, особенно в той части, которая относится к работе сети. Время реакции - это время между моментом возникновения запроса и моментом получения ответа. Время реакции зависит от многих факторов, таких как используемая служба сети, степень загруженности сети или отдельных сегментов и др. Поэтому при оценке производительности работы сети определяется среднее время реакции.

Пропускная способность сети определяется количеством информации, переданной через сеть или ее сегмент в единицу времени. Пропускная способность сети характеризует, насколько быстро сеть может выполнить свою основную задачу передачи информации. Пропускная способность определяется в битах в секунду.

### *Надежность*

Надежность работы вычислительной сети определяется надежностью работы всех ее компонентов. Для повышения надежности работы аппаратных компонентов обычно используют дублирование, когда при отказе одного из элементов функционирование сети обеспечат другие.

При работе вычислительной сети должна обеспечиваться сохранность информации и защита ее от искажений. Как правило, информация в сети хранится в нескольких экземплярах (для повышения надежности). В этом случае необходимо обеспечить согласованность данных (например, идентичность копий при изменении информации).

Одной из функций вычислительной сети является передача информации (передача осуществляется порциями, которые называются пакетами), во время которой возможны ее потери и искажения. Для оценки надежности исполнения этой функции используются показатели вероятности потери пакета при его передаче, либо вероятности доставки пакета.

В Современных вычислительных сетях важное значение имеет другая сторона надежности - безопасность. Это способность сети обеспечить защиту информации от несанкционированного доступа. Задачи обеспечения безопасности решаются применением как специального программного обеспечения, так и соответствующих аппаратных средств.

### *Управляемость*

При работе вычислительной сети, которая в идеале объединяет отдельные компьютеры в единое целое, необходимы средства не только для наблюдения за работой сети, сбора разнообразной информации о функционировании сети, но и средства управления сетью. В общем случае система управления сетью должна предоставлять возможность воздействовать на работу любого элемента сети. Должна быть обеспечена возможность осуществлять мероприятия по управлению с любого элемента сети. Управлением сетью занимается администратор сети или пользователь,

которому поручены эти функции. Обычный пользователь, как правило, не имеет административных прав.

Другими характеристиками управляемости являются возможность определения проблем в работе вычислительной сети или отдельных ее сегментов, выработка управленческих действий для решения выявленных проблем и возможность автоматизации этих процессов при решении похожих проблем в будущем.

#### *Расширяемость*

Любая вычислительная сеть является развивающимся объектом, и не только в плане модернизации ее элементов, но и в плане ее физического расширения, добавления новых элементов сети (пользователей, компьютеров, служб). Существование таких возможностей, трудоемкость их осуществления входят в понятие расширяемости. Другой похожей характеристикой является масштабируемость сети, которая определяет возможность расширения сети без существенного снижения ее производительности. Обычно одноранговые сети обладают хорошей расширяемостью, но плохой масштабируемостью. В таких сетях легко добавить новый компьютер, используя дополнительный кабель и сетевой адаптер, но существуют ограничения на количество подключаемых компьютеров в связи с существенным падением производительности сети. В многосегментных сетях используются специальные коммуникационные устройства, которые позволяют подключать к сети значительное количество дополнительных компьютеров без снижения общей производительности сети.

#### *Прозрачность*

Прозрачность вычислительной сети является ее характеристикой с точки зрения пользователя. Эта важная характеристика должна оцениваться с разных сторон. Прозрачность сети предполагает скрытие (невидимость) особенностей сети от конечного пользователя. Пользователь обращается к ресурсам сети как к обычным локальным ресурсам компьютера, на котором он работает.

Вычислительная сеть объединяет компьютеры разных типов с разными операционными системами. Пользователю, у которого установлена, например, Windows, прозрачная сеть должна обеспечивать доступ к необходимым ему при работе ресурсам компьютеров, на которых установлена, например, UNIX. Другой важной стороной прозрачности сети является возможность распараллеливания работы, между разными элементами сети. Вопросы назначения отдельных параллельных заданий отдельным устройствам сети также должны быть скрытыми от пользователя и решаться в автоматическом режиме.

#### *Интегрируемость*

Интегрируемость означает возможность подключения к вычислительной сети разнообразного и разнотипного оборудования, программного обеспечения от разных производителей. Если такая

неоднородная вычислительная сеть успешно выполняет свои функции, то можно говорить о том, что она обладает хорошей интегрируемостью.

Современная вычислительная сеть имеет дело с разнообразной информацией, процесс передачи которой сильно зависит от типа информации. Передача традиционных компьютерных данных характеризуется неравномерной интенсивностью. При этом нет жестких требований к синхронности передачи. При передаче мультимедийных данных качество передаваемой информации в существенной степени зависит от синхронизации передачи. Сосуществование двух типов данных с противоположными требованиями к процессу передачи является сложной задачей, решение которой является необходимым условием вычислительной сети с хорошей интегрируемостью.

Основным направлением развития интегрируемости вычислительных сетей является стандартизация сетей, их элементов и компонентов. Все стандарты можно разделить на следующие виды:

- стандарты отдельных фирм;
- стандарты специальных комитетов и объединений, создаваемых несколькими фирмами;
- стандарты национальных организаций по стандартизации;
- международные стандарты.

Работы по стандартизации вычислительных сетей ведутся большим количеством организаций. Среди них необходимо выделить те, которые давно и успешно работают в области стандартизации вычислительных сетей.

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization - ISO). Эта организация известна разработкой модели взаимодействия открытых систем, которая в настоящее время является основной, своего рода "эталонной" моделью вычислительной сети. Эта модель является основой стандартизации в области вычислительных сетей.

Международный союз электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) - организация при Организации Объединенных Наций, в которой существует телекоммуникационный сектор (ITU-T). ITU-T отвечает за разработку стандартов в области телекоммуникационного оборудования и услуг (телефонии, электронной почты, факсимильной связи, телетекста, телекса, передачи данных, аудио- и видеосигналов).

Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике - Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE - национальная организация США, определяющая стандарты электронных коммуникаций. Самыми известными его стандартами являются стандарты, разработанные группой 802 (802.1, 802.2, 802.3 и 802.5), которые описывают общие понятия, используемые в области локальных сетей.

Европейская ассоциация производителей компьютеров (ECMA) - некоммерческая организация, активно сотрудничающая с ITU-T и ISO. Она занимается разработкой стандартов и технических обзоров, относящихся к компьютерной и коммуникационной технологиям.

Американский национальный институт стандартов - American National Standards Institute, ANSI. ANSI представляет США в международной организации ISO. Стандарт технологии FDDI является разработкой этого института.

## **2.1 Общие принципы модели функционирования локальной сети**

### *Языки программирования*

Существует несколько тысяч языков программирования, но лишь немногие из них используются широко. Языки создавались с различными целями, [8]:

- упростить и облегчить обработку конкретных видов информации, таких как строки символов (Snobol), матрицы (APL), логические выражения (Prolog) или базы данных (SQL);

- стимулировать использование определенных видов программирования (Cobol, Basic), очень больших программ (ADA), объектно-ориентированного программирования (Eiffel, C++, Java, SmallTalk) и визуального программирования, при котором пользователь связывает одну пиктограмму с другой и применяет таблицы стилей для описания их взаимодействия (Salsa, Visual Basic, Visual C++);

- моделировать картину реального мира, в том числе случайные события (Simula, GPSS).

На сегодняшний день доминирует лишь несколько языков моделирования общего назначения - GPSS, SLAM, SIMSCRIPT, GASP, RESQ, SIMULA-67, XPRESS и др. [8].

### *Программные пакеты моделирования*

Долгожителем в мире имитационного моделирования является язык для моделирования дискретных систем - GPSS (General Purpose Simulating System) [8,9]. Основное назначение GPSS - моделирование систем массового обслуживания. В последние годы интерес к GPSS вновь возрос, в чем можно убедиться, ознакомившись с новейшими версиями GPSS/H и GPSS/H+PROOF, разработанными корпорацией Wolverine Software. Авторы, оставив неизменным ядро GPSS, добавили к нему графические средства манипулирования блок-схемами, возможность использования анимации и разработали гибкий интерфейс связи с C++. В составе демонстрационных программ, поставляемых с системой GPSS, присутствует много примеров для моделирования сетей [9].

Языки моделирования общего назначения обладают наиболее широкими функциональными возможностями для любых предметных областей, могут описывать любые свойства компонентов и программировать их взаимодействия.

Визуальные системы моделирования - это новое поколение систем для имитационного моделирования, реализованных под Windows, позволяющих создавать модели на основе визуального подхода. Визуальные системы моделирования, обладая меньшей функциональностью, чем системы



моделирования общего назначения, более наглядны и современны. Специализированные системы позволяют проводить более детальное и адекватное моделирование вычислительных сетей [9].

## 2.2 Описание имитационной модели на языке GPSS

Характер каналов локальных сетей может быть различным, но наибольшее распространение получили локальные сети с общим каналом (моноканалом), в которых передача между пользователями сети осуществляется либо через витую пару, либо через коаксиальные кабели, либо через высокоскоростные и более дорогие волоконно-оптические кабели. К общему каналу пользователи подсоединяются с помощью различной аппаратуры. Пользователи могут посылать сигналы с разными скоростями, а скорость передачи сигналов в моноканал одинаковая и определяется особенностями используемого канала. Для согласования этих скоростей в адаптерах используется буферная память необходимой емкости. Упрощенная структурная схема локальной сети с  $n$  пользователями показана на рисунке 2.

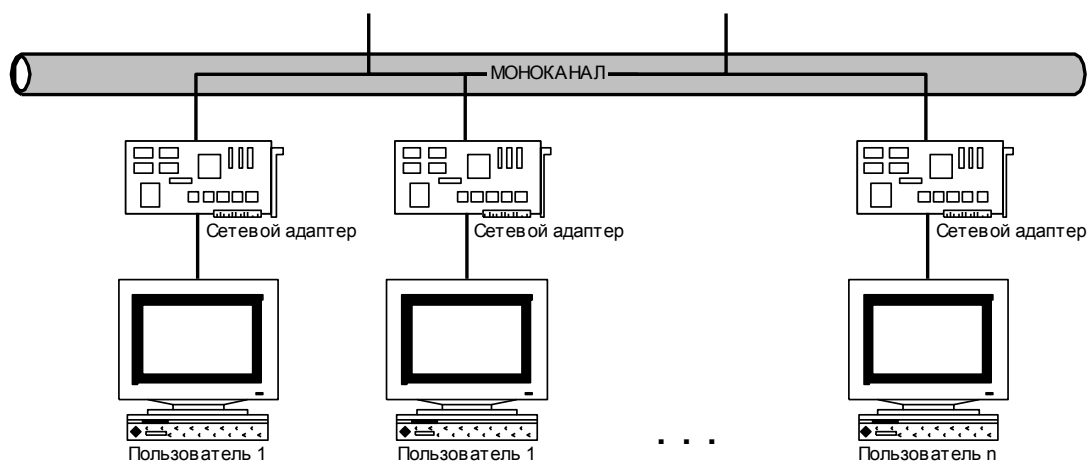


Рисунок 2.1 – Структурная схема локальной сети

Каждый пользователь имеет свой уникальный адрес. Обмен данными в сети осуществляется блоками определенного формата – кадрами, содержащими в себе служебную и информационную части. Таким кадром может быть кадр Ethernet. Кадр может передаваться в моноканале адаптером любого пользователя, при этом адаптеры всех остальных пользователей осуществляют его прием (сеть Ethernet). В случае совпадения содержащегося в поле "Адрес получателя" адреса кадра с адресом пользователя осуществляется анализ кадра на наличие ошибок и выдача пакета пользователю, в случае несовпадения адресов полученный кадр уничтожается.

Особенностью общего канала является то, что в заданный промежуток времени через него может передавать информацию только один пользователь локальной сети. Поэтому возникает проблема разделения ресурсов канала передачи данных. Методы разделения ресурсов или методы управления

локальной сетью разделяют на детерминированные и случайные. Реализуются управляющие алгоритмы в адаптерах пользователей.

*Детерминированный* способ доступа – это доступ к моноканалу, когда между пользователями канал распределяется в детерминированные моменты времени по некоторым алгоритмам централизованным или распределенным образом. Детерминированный доступ используется при больших, регулярных потоках информации.

*Случайный* способ доступа – это доступ к моноканалу, когда используется минимум служебной информации и максимальная скорость доступа к моноканалу при малых потоках информации. Исходя из этого методы случайного доступа пользователей в канал находят наиболее широкое применение на практике. В сетях со случайным доступом все пользователи сети равноправны и могут выходить на передачу в любое время. Такая свобода выхода пользователя в канал приводит к возможности появления конфликтов между пользователями за захват общего канала, когда несколько пользователей одновременно обращаются к каналу. Поэтому метод случайного доступа иногда называют *методом состязаний*. При нем возможно наложение в канале двух и более передач. На практике разработан ряд способов и алгоритмов минимизации конфликтных ситуаций. Некоторые из них исследуются в этой имитационной модели локальной сети.

*Базовый асинхронный* способ доступа – самый распространенный способ доступа. При базовом способе канал работает в асинхронном режиме, и как только у какого-либо пользователя возникает необходимость в передаче данных, его адаптер начинает передавать кадр сразу после его формирования. В процессе передачи могут возникнуть искажения кадров и появиться ошибки из-за помех в канале или из-за столкновения кадров при одновременной передаче в канал кадров от двух и более адаптеров.

Первой важнейшей характеристикой для локальной сети сточки зрения пользователей является *время доставки* пакетов от пользователя-источника до пользователя-приемника. В общем случае это время будет:

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.1)$$

где  $t_1$  – время, необходимое для обработки пакета адаптером передающего пользователя;

$t_2$  – время доступа и передачи информации по моноканалу, зависящее от способа доступа, режима работы, числа пользователей и пр.;

$t_3$  – время, необходимое для обработки пакета приемным адаптером.

В модели основное внимание уделяется исследованию способов доступа к моноканалу и для упрощения функционирование адаптера не рассматривается, время задержки в нем, обусловленное действием различных

преобразователей (формирование проверочной последовательности, обработка адресной информации и т.д.), не учитывается. Поэтому время доставки  $T$  определяется только временем  $t_2$ , а временем обработки  $t_1$  и  $t_3$  считаются равными нулю. Это упрощение позволяет отождествить пакет с кадром и рассматривать пользователей как источники и получатели кадров. При подсчете учитывается время доступа и передачи только тех кадров, которые были переданы без ошибок и если пользователем-источником получен кадр – подтверждение успешной передачи.

Очевидно, что из-за ограниченности допустимого времени пребывания кадров в локальной сети возможно только ограниченное число попыток его передачи. Если все попытки исчерпаны, то кадр считается потерянным. Поэтому важной характеристикой локальной сети является *доля потерь*, вычисляемая как отношение числа поступивших в локальную сеть пакетов к числу переданных пакетов.

Третьей характеристикой, используемой для оценки эффективности того или иного способа доступа является *коэффициент использования моноканала* КОЕФФ, вычисляемый как отношение числа удачно переданных кадров  $N$  к числу кадров, которые могли бы быть переданы за рассматриваемый интервал времени  $T$ :

$$\text{КОЕФФ} = \frac{N}{n \cdot T}, \quad (2.2)$$

где  $n$  – пропускная способность канала, кадр/с.

В реальной локальной сети число пользователей, подключаемых к моноканалу, измеряется сотнями и даже тысячами, но для исследования способов доступа можно использовать модель с гораздо меньшим числом пользователей. Интенсивность обмена информацией между пользователями в модели подбирается такой, чтобы можно было выявить особенности того или иного способа.

Обобщенная схема имитационной модели локальной сети приведена на рисунке 2.2, а. Кадр, поступивший от пользователя-источника, передается одновременно в обе стороны от точки подключения пользователя к моноканалу. Поэтому для простоты модели каждый отрезок моноканала между двумя соседними пользователями, называемые далее *звеном моноканала* или просто *каналом*, моделируется двумя блоками соответственно по двум возможным направлениям передачи по каналу – слева направо и справа налево. Модель пользователя также состоит из двух относительно независимых частей: модели, имитирующей поступление кадров и обработку кадра при его получении.

Модель передачи между соседними пользователями осуществляется с задержкой транзактов (кадров). Она состоит из задержки распространения сигнала по звену моноканала, определяемой длиной этого звена и скоростью распространения сигнала, и задержки выдачи кадра пользователю, определяемой длиной кадра и скоростью передачи информации в моноканале.

Схема последовательности задержек приведена на рисунке 2.2, б. В выделенной на рисунке точке происходит копирование транзакта, одна из копий предназначена для имитации дальнейшего распространения сигнала по моноканалу, а другая (после задержки соответствующей выдачи кадра) – для имитации процесса получения кадра пользователем.

Наличие двух возможных траекторий транзактов определяет наличие двух выходов в моделях, имитирующих передачу кадров. Как видно из рисунка 2.2, а, модели крайних сегментов моноканала отличаются по количеству выходов, что объясняется отсутствием необходимости имитации дальнейшего распространения сигнала по моноканалу.

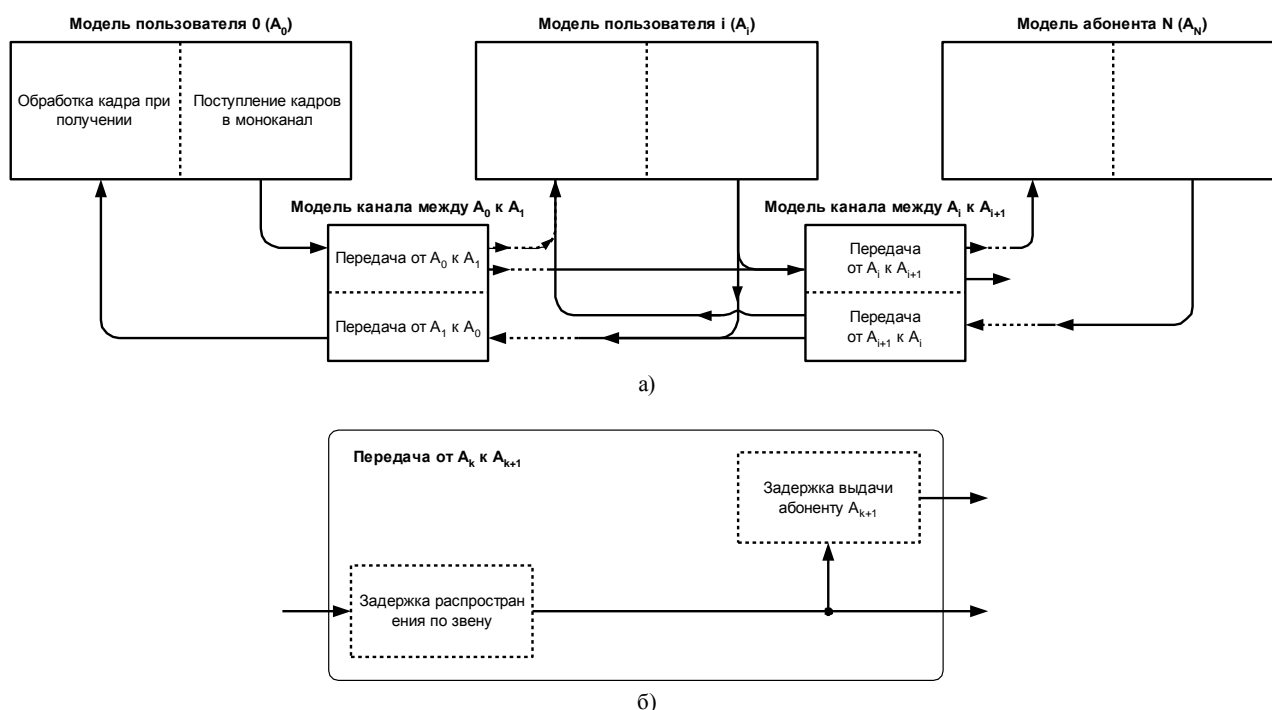


Рисунок 2.2 – Схемы имитационной модели

В имитационной модели приняты следующие допущения:

- ошибки в кадрах могут возникать только из-за столкновения кадров, т.е. из-за одновременной передачи в звене моноканала более одного кадра, причем не имеет значения, в каком направлении кадры передаются по звену;
- столкновение кадра – подтверждения с любым другим кадром, т.е. появление ошибки в кадре-подтверждении, эквивалентно его утере;
- допустимое время ожидания подтверждения на переданный информационный кадр одинаково для всех пользователей локальной сети, оно складывается из времени распространения сигнала по всей длине моноканала, приема информационного кадра пользователем-получателем, распространения и приема кадра-подтверждения и некоторого условного запаса времени;
- следующий кадр от каждого пользователя не может быть передан в

моноканал до тех пор, пока не придет подтверждение на ранее переданный кадр или пока не истечет допустимое время ожидания получения подтверждения.

### 2.3 Алгоритм функционирования

В процессе моделирования исследуются характеристики локальной сети при использовании в ней базового асинхронного способа доступа к моноканалу. Структура и параметры моделируемой сети следующие:

- длина моноканала – 1,0 км;
- скорость распространения сигнала в моноканале – 250 м/мкс;
- скорость передачи сигналов в моноканал – 10 Мбит/с;
- длина участка между подключениями соседних пользователей постоянна и равна 500 , т.е. к сети подключено три пользователя;
- длина информационного кадра постоянна и равна 1000 бит;
- нагрузка от каждого пользователя – 600 кадров/с;
- кадр подтверждения, принимающим пользователем, имеет длину 100 бит и относительный приоритет при выдаче в моноканал перед информационными кадрами;
- имеется всего одна попытка передачи каждого кадра.

Согласно этим данным время передачи информационного кадра в моноканал равно 100 мкс; время распространения сигнала в звене моноканала между двумя соседними пользователями равно 2 мкс.

В результате работы имитационной модели исследуем следующее:

- характеристики работы локальной сети с заданной структурой при условии, что нагрузка, создаваемая каждым пользователем, равномерно распределяется между остальными пользователями локальной сети;
- характеристики работы локальной сети при распределении нагрузки таким образом, что 90% кадров каждого пользователя адресуется более удаленным получателям;
- базовый способ доступа при условии, что в случае неполучения подтверждения возможно трехкратное повторение выдачи кадра;
- характеристики работы локальной сети с базовым способом доступа при условии, что число пользователей увеличивается до 6 и соответственно увеличивается длина моноканала, а суммарная нагрузка остается неизменной;
- способ доступа с тактированием моментов передачи кадров в моноканал, считая, что интервал между тактами постоянен и равен 120 мкс;
- способ доступа с прослушиванием моноканала перед началом передачи кадра. Пользователи передают данные в канал по истечении некоторого времени после окончания передач других пользователей, время ожидания случайно и распределено равномерно на интервале 0÷20 мкс;
- способ доступа с прослушиванием моноканала как перед началом передачи кадра, так и во время передачи. Условия начала передачи такие же как и в предыдущем пункте. Учесть, что подтверждения передавать не надо.

За единицу модельного времени примем 2 мкс, тогда время распространения по звену моноканала будет равно 1 ед. вр., а время передачи кадра – 50 ед. вр.

Нагрузка от каждого пользователя одинакова и равна 600 кадра/с. Отсюда средний интервал между поступлениями кадров от пользователя около 1666 мкс или 833 ед. вр. Предполагается, что интервалы между кадрами имеют экспоненциальное распределение.

Длительность ожидания получения подтверждения на переданный информационный кадр, как уже было сказано, складывается из времени распространения и передачи информационного кадра и из времени распространения и передачи подтверждения. Сумма этих времён для наиболее удалённых пользователей равна 59 ед. вр. Учитывая некоторый запас, в программе время ожидания получения подтверждения равно 60 ед. вр.

Допустим, что при моделировании передачи через моноканал 300 кадров можно получить устойчивые характеристики работы сети, т.е. от каждого пользователя должно быть передано около 100 кадров. Зная средний интервал между поступлениями кадров, можно определить необходимое время моделирования. В программе моделирование осуществляется в течение 100 000 ед. вр. При пропускной способности моноканала 10 Мбит/с и длине информационного кадра 1000 бит за интервал моделирования может быть передано максимум 2000 кадров. Это число используется для расчёта коэффициента использования моноканала по формуле. Нагрузка от каждого пользователя равномерно распределяется между остальными пользователями, поэтому при выборе номера пользователя – получателя функция выбора адреса принимает одно из двух (число пользователей-получателей) значений с вероятностью 0,5.

Блок-диаграмма модели процесса функционирования локальной сети приведена на рисунке 2.3, а текст программы приведен в таблице 2.1.

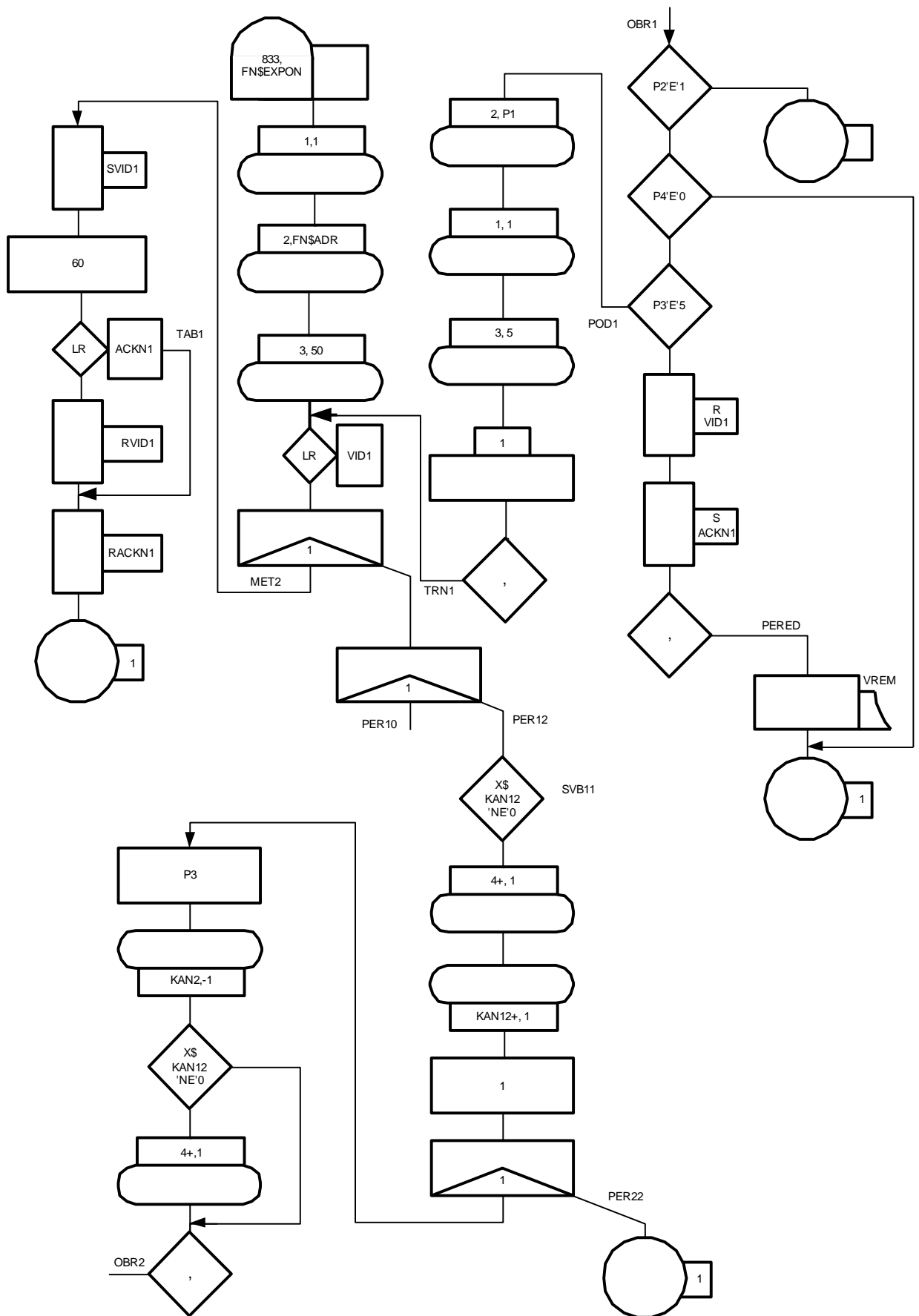


Рисунок 2.3 – Блок-диаграмма процесса функционирования модели

В программе используются следующие обозначения:

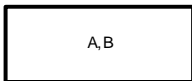
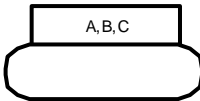

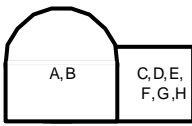
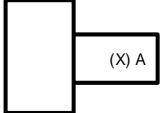
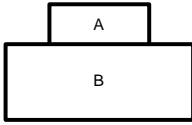
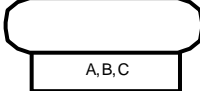
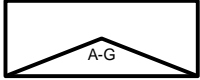
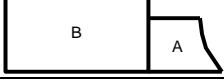
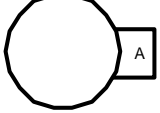
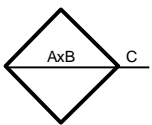
- первый параметр транзактов – номер пользователя источник информационного кадра или подтверждения;
- второй – номер пользователя получателя информационного кадра или подтверждения;
- третий – время передачи кадра в канал;
- четвертый – признак ошибочности кадра (0 – кадр без ошибок, больше 0 – кадр с ошибками);
- EXPON – функция для определения интервалов между поступлениями кадров;
- ADR1 – функция выбора пользователем 1 номера пользователя получателя информационного кадра;
- VID1 – переключатель, установка которого в 1 показывает, что кадр выдан в моноканал и пользователь ожидает подтверждения;
- ACKN1 – переключатель для определения того, что ключ VID1 сброшен поступившим подтверждением или сброшен по истечении тайм-аута (допустимого времени ожидания подтверждения);
- VREM – таблица для сбора статистики о времени передачи кадров;
- KAN12 – сохраняемая величина для индикации занятости канала между пользователем 1 и пользователем 2 (при незанятом канале значение этой сохраняемой величины равно 0).

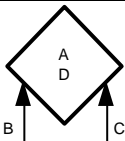
Все использованные обозначения были внесены в таблицу, для легкого нахождения их, по мере необходимости и для упрощенного использования. Допустим, что при моделировании передачи через моноканал 300 кадров можно получить устойчивые характеристики работы сети, т.е. от каждого пользователя должно быть передано около 100 кадров. Зная средний интервал между поступлениями кадров, можно определить необходимое время моделирования. В программе моделирование осуществляется в течение 100 000 ед. вр. При пропускной способности моноканала 10 Мбит/с и длине информационного кадра 1000 бит за интервал моделирования может быть передано максимум 2000 кадров. Это число используется для расчёта коэффициента использования моноканала по формуле. Нагрузка от каждого пользователя равномерно распределяется между остальными пользователями, поэтому при выборе номера пользователя – получателя функция выбора адреса принимает одно из двух (число пользователей-получателей) значений с вероятностью 0,5.

В таблице 2.1 приведены условные графические обозначения используемые в блок-диаграмме.



Таблица 2.1 – Условные обозначения на блок-диаграмме

Имя блока	Обозначение блока	Назначение блока
ADVANCE		Задерживает транзакт на время $A \pm B$ , если $B = \text{const}$ , или $A \times B$ , если $B$ – функция
ASSIGN		Присваивает параметру $A$ входящего транзакта значение $B$ , модифицированное значением $C$
(X) GATE LS LR		Проверяет условие нахождения логического ключа $A$ в состоянии $X$
GENERATE		Генерирует транзакты через $A$ единиц времени, модифицированных $B$ , с задержкой $C, D$ транзактов, с приоритетом $E$ форматом $F$
(X) LOGIC R I		Устанавливает логический ключ $A$ в состояние $X$
PRIORITY		Присваивает входящему транзакту приоритет $A$
SAVEVALUE		Сохраняет заданное значение $B$ в ячейке $A$
SPLIT		Генерирует $A$ копий входящего транзакта и направляет их по адресу. Основной транзакт переходит в следующий блок
TABULATE		Табулирует значения входящих транзактов в таблице $A$
TERMINATE		Уничтожает $A$ транзактов
(X) TEST NE LE G L		Проверяет соотношение $X$ между $A$ и $B$ и направляет входящий транзакт в следующий блок при выполнении или по адресу $C$ при невыполнении соотношения

TRANSFER		Изменяет направление движения транзактов согласно режиму А
----------	---	--

Программы моделирования работы других пользователей и передачи кадров в других звеньях моноканала получаются из приведенных программ путем соответствующего изменения переменных и меток. Получение подтверждения на переданный информационный кадр означает его удачную передачу и соответствующие подтверждению транзакты из моделей всех пользователей направляются в блок PERED. В блок OSHIB направляются все транзакты, моделирующие кадры, в которых обнаружена ошибка при анализе кадров у пользователей-получателей.

В блоке PERED программы происходит сбор статистики о времени передачи кадра. Суммарное число транзактов, прошедших через этот блок, определяет число безошибочно переданных через моноканал кадров. Суммарное число транзактов, прошедших через блоки ABONO, ABONO1, ABONO2, определяет общее число кадров, поступивших от всех трёх пользователей. Эти сведения используются для определения таких характеристик работы ЛСС, как коэффициент использования моноканала и доля переданных кадров. Значения этих характеристик находятся соответственно в сохраняемых величинах KOEFF и DOLIA.

Результаты моделирования приведены в таблице 2.3. В данном примере получено KOEFF=0,13149; DOLIA=0,75358.

Таблица 2.2 – Результаты моделирования

Модель локальной сети связи, базовый способ доступа			
EXPON	FUNCTION	RN1, C24	Распределение интервалов между кадрами
ADR0.5,1/1,2	FUNCTION	RN1, D2	Выбор адреса получателя в источнике 0
ADR1.5,0/1,2	FUNCTION	RN2, D2	Выбор адреса получателя в источнике 1
ADR1.5,0/1,1	FUNCTION	RN3, D2	Выбор адреса получателя в источнике 2
VREM	TABLE	M1,56,2,5	
1	FVARIABLE	$N_{\text{PERED}}/200$ 0	Коэффициент использования моноканала
2	FVARIABLE	$N_{\text{PERED}}/(N_{\text{ABONO}}+N_{\text{ABONO1}}+N_{\text{ABONO2}})$	Доля переданных кадров
Блоки общие для всей модели			

PERED	TABULATE	VREN	Табуляция времени передачи кадра
UNICH	TERMINATE		Кадр адресован не этому пользователю
OSHIB	TERMINATE		В кадре обнаружена ошибка

*Продолжение таблицы 2.2*

Модель обработки кадра при его получении пользователем 0			
OBRO	TEST E	P2,0,UNICH	Проверка номера пользователя-получателя
	TEST E	P4,0,OSHIB	Проверка на наличие ошибки в кадре
	TEST E	P3,5,PODO	Проверка типа кадра (инф. или подтв.)
	LOGIC R	VIDO	Можно передавать следующий кадр
	LOGIC S	ACKNO	Получен кадр подтверждение
	TRANSFER	,PERED	
PODO	ASSIGN	2,P1	Формирование кадра подтверждения
	ASSIGN	1,0	
	ASSIGN	3,5	
	PRIORITY	1	
	TRANSFER	,TRNO	
Модель поступления кадров от пользователя 0			
ABONO	GENERATE	833,FNEXPO	600 пакетов/с от пользователя 0
	ASSIGN	1,0	В P1-номер пользователя-источника
	ASSIGN	2,FNADRO	В P2- номер пользователя-получателя
	ASSIGN	3,50	В P3-время передачи в звене
TRNO	GATE LR	VIDO	Ожидание передачи предыдущего кадра
	SPLIT	1,PERO 1	Копирование для запуска таймаута
	LOGIC S	VIDO	Кадр выдан в моноканал
	ADVANCE	60	Ожидание получения подтверждения
	GATE LR	ACKNO,TABO	Проверка получения подтверждения
	LOGIC R	VIDO	Можно передавать следующий кадр
TABO	LOGIC R	ACKNO	

	TERMINATE		
Модель передачи кадра по каналу между пользователями 0 и 1			
PERO1	TEST NE	X $\square$ KANO1,0,S VBO1	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки

Продолжение таблицы 2.2

SVBO1	SAVEVALU E	KANO1+,1	Индикация занятие канала 01
	ADVANCE	1	Распространение сигнала по каналу
	SPLIT	1,PER12	
	ADVANCE	P3	Выдача кадра из канала
	SAVEVALU E	KANO1-,1	Индикация освобождение канала 01
	TEST NE	X $\square$ KANO1,0,S VB02	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVBO2	TRANSFER	,OBR1	

Модель передачи кадра по каналу между пользователями 1 и 0

PER10	TEST NE	X $\square$ KANO1,0,S VB03	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB03	SAVEVALU E	KANO1+,1	Индикация занятие канала 01
	ADVANCE	1	Распространение сигнала по каналу
	SPLIT	1,PER00	
	ADVANCE	P3	Выдача кадра из канала
	SAVEVALU E	KANO1-,1	Индикация освобождение канала 01
	TEST NE	X $\square$ KANO1,0,S VB04	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB04	TRANSFER	,OBR0	
PER00	TERMINATE		Сигнал достиг окончания моноканала

Модель обработки кадра при его получении пользователем 1

OBR1	TEST E	P2,1,UNCH	Проверка номера пользователя-получателя
	TEST E	P4,0,OSHIВ	Проверка на наличие ошибки в

			кадре
	TEST E	P3,5,POD1	Проверка тапа кадра (инф. или подтв.)
	LOGIC S	ACKN1	Получен кадр подтверждение
	LOGIC R	VID1	Можно передавать следующий кадр

Продолжение таблицы 2.2

	TRANSFER	,PERED	Табуляция времени передачи кадра
POD1	ASSIGN	2,P1	Формирование кадра подтверждения
	ASSIGN	1,1	
	ASSIGN	3,5	
	PRIORITY	1	
	TRANSFER	,TRN1	
Модель поступления кадров от пользователя 1			
ABON1	GENERATE	833, FN $\square$ EXPO N	600 пакетов/с от пользователя 1
	ASSIGN	1,1	В P1-номер пользователя-источника
	ASSIGN	2, FN $\square$ ADR1	В P2- номер пользователя-получателя
	ASSIGN	3,50	В P3-время передачи
TRN1	GATE LR	VID1	Ожидание передачи предыдущего кадра
	SPLIT	1,MET2	Копирование для запуска таймаута
	LOGIC S	VID1	Кадр выдан в моноканал
	ADVANCE	60	Ожидание получения подтверждения
	GATE LR	ACKN1,TAB1	Проверка получения подтверждения
	LOGIC R	VID1	Можно передавать следующий кадр
TAB1	LOGIC R	ACKN1	
	TERMINATE		
MET2	SPLIT	1,PER10	Передача в канал между пользователем
Модель передачи кадра по каналу между пользователями 1 и 2			
PER12	TEST NE	X $\square$ KAN12,0,S VB11	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB11	SAVEVALU	KAN12+,1	Индикация занятие канала 01

	ADVANCE	1	Распространение сигнала по каналу
	SPLIT	1,PER12	
	ADVANCE	P3	Выдача кадра из канала
	SAVEVALU E	KAN12-,1	Индикация освобождение канала 01

Продолжение таблицы 2.2

	TEST NE	X $\square$ KAN12,0,S VB12	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB12	TRANSFER	,OBR1	
PER22	TERMINATE		Сигнал достиг окончания моноканала
Модель передачи кадра по каналу между пользователями 2 и 1			
PER21	TEST NE	X $\square$ KAN12,0,S VB13	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB13	SAVEVALU E	KAN12+,1	Индикация занятие канала 01
	ADVANCE	1	Распространение сигнала по каналу
	SPLIT	1,PER10	
	ADVANCE	P3	Выдача кадра из канала
	SAVEVALU E	KAN12-,1	Индикация освобождение канала 01
	TEST NE	X $\square$ KAN12,0,S VB14	Передаются ли другие кадры в канале
	ASSIGN	4+,1	Фиксация появления в кадре ошибки
SVB14	TRANSFER	,OBR1	
Модель обработки кадра при его получении пользователями 2			
OBR2	TEST E	P2,2,UNCH	Проверка номера пользователя-получателя
	TEST E	P4,0,OSHIB	Проверка на наличие ошибки в кадре
	TEST E	P3,5,POD2	Проверка тапа кадра (инф. или подтв.)
	LOGIC R	VID2	Можно передавать следующий кадр
	LOGIC S	ACKN2	Получен кадр подтверждение
	TRANSFER	,PERED	Табуляция времени передачи кадра
POD2	ASSIGN	2,P1	Формирование кадра подтверждения
	ASSIGN	1,2	
	ASSIGN	3,5	
	PRIORITY	1	

Продолжение таблицы 2.2

	TRANSFER	,TRN2		
Модель поступления кадров от пользователя 2				
ABON2	GENERATE	833, FN $\alpha$ EXPO N	600 пакетов/с от пользователя 0	
	ASSIGN	1,2	В P1-номер пользователя-источника	
	ASSIGN	2, FN $\alpha$ ADR2	В P2- номер пользователя-получателя	
	ASSIGN	3,50	В P3-время передачи в звене	
TRN2	GATE LR	VID2	Ожидание передачи предыдущего кадра	
	SPLIT	1, PER21	Копирование для запуска таймаута	
	LOGIC S	VID2	Кадр выдан в моноканал	
	ADVANCE	60	Ожидание получения подтверждения	
	GATE LR	ACKN2, TAB2	Проверка получения подтверждения	
	LOGIC R	VID2	Можно передавать следующий кадр	
TAB2	LOGIC R	ACKN2		
	TERMINATE			
Модель часов				
	GENERATE	100000	Передача по моноканалу около 350 кадров	
	SAVEVALU E	KOEFF, V1, XL	Коэффициент использования моноканала	
	SAVEVALU E	DOLIA, V2, XL	Доля переданных пакетов	
	TERMINATE	1		
	START	1		
	END			
TABLE VREM				
ENTRIES IN TABLE	MEAN ARGUMENT	STANDART DEVIATION		
263	62.334	13.226		
UPPER LIMIT	OBSERVED FREQUENCY	PER CENT OF TOTAL	CUMULATIV E PERCENTAG E	CUMULATI VE REMAINDE R
56	0	.00	.0	100.0
58	151	57.41	57.4	42.5



*Продолжение таблицы 2.2*

60	78	29.65	87.0	12.9
62			87.0	12.9
OVERFLOW	34	12.92	100.0	.0
AVERAGE VALUE OF OVERFLOW		93.64		
NUMBER	CONTENTS	NUMBER	CONTENTS	
KOEFF	0.13149	DOLIA	0.75358	

#### **2.4 Анализ результатов**

Анализ результатов моделирования показывает, что моноканал используется только на 13 % из-за столкновений кадров, только 75% из них были переданы успешно, о чём получены подтверждения. Поэтому необходимо предусмотреть меры, позволяющие повысить коэффициент использования моноканала. По данным таблицы 4.3, в которой приведены сведения о времени передачи кадров, можно сделать вывод, что часть кадров не выдавалась в моноканал сразу после их генерации, а ожидали результатов передачи предыдущего кадра. Это следует из того, что при мгновенной выдачи кадра в моноканал даже для наиболее удалённого адресата, суммарное время передачи информационного кадра и кадра подтверждения равно 59 единицам модельного времени, а в таблице зарегистрировано 12,92% транзактов, время передачи которых превышает этот порог.

Таким образом можно сделать вывод, что использование пакетов различных классов позволяет строить адекватные модели современных вычислительных систем.

Языки моделирования общего назначения обладают наиболее широкими функциональными возможностями для любых предметных областей, могут описывать любые свойства компонентов и программировать их взаимодействия. Визуальные системы моделирования, обладая меньшей функциональностью, более наглядны и современны.

Специализированные системы позволяют проводить более детальное и адекватное моделирование вычислительных сетей, однако такие пакеты еще недостаточно распространены и их применение сдерживает значительная стоимость.

### **3 Экспериментальная часть**

В настоящее время сохраняется вопрос о повышении качества передачи данных в локальных сетях. Самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния считается оптическое волокно. В связи с чрезвычайно широким распространением оптоволокна в качестве среды передачи довольно актуальной является проблема его качества[10]. В известных источниках поверхностно затронута

эта проблема, но ни в одной из них не раскрывается вопрос о повышении качества. На данный момент качество передачи информации в локальных сетях является нерешенной проблемой.

Целью экспериментальных исследований является рассмотрение изменения качества параметров в локальных сетях при передаче информации. Для достижения своей цели проводились экспериментальные работы в лабораторных условиях.

Проведено исследование настроек при работе сетевого устройства на различном оборудовании. Для проведения экспериментов были использованы следующие устройства: генератор пакетов, формирующий трафик, который поступает на один из портов коммутационного устройства, с другого порта трафик фиксируется анализатором;

коммутатор II уровня Planet FGSW -2402 RS;

Wi - Fi маршрутизатор D - link DIR 300 с наличием WAN / LAN FastEthernet портов.

В экспериментах использовалась программа Cisco Packet Tracer, которая отражает работу физической сети а также широкий диапазон полученных параметров.

Исследовалась производительность устройств, которая будет основой для расчетов. Количество необходимых измерений определяется по формуле:

$$S = \frac{B}{8*b} \quad (3.1)$$

где S – продуктивность, Мп/с;

B – трафик, в Мбит/с;

b – средняя длина пакетов, байт.

Ниже представлена качественная модель сети для исследования производительности сетевого оборудования (рисунок 3.1).

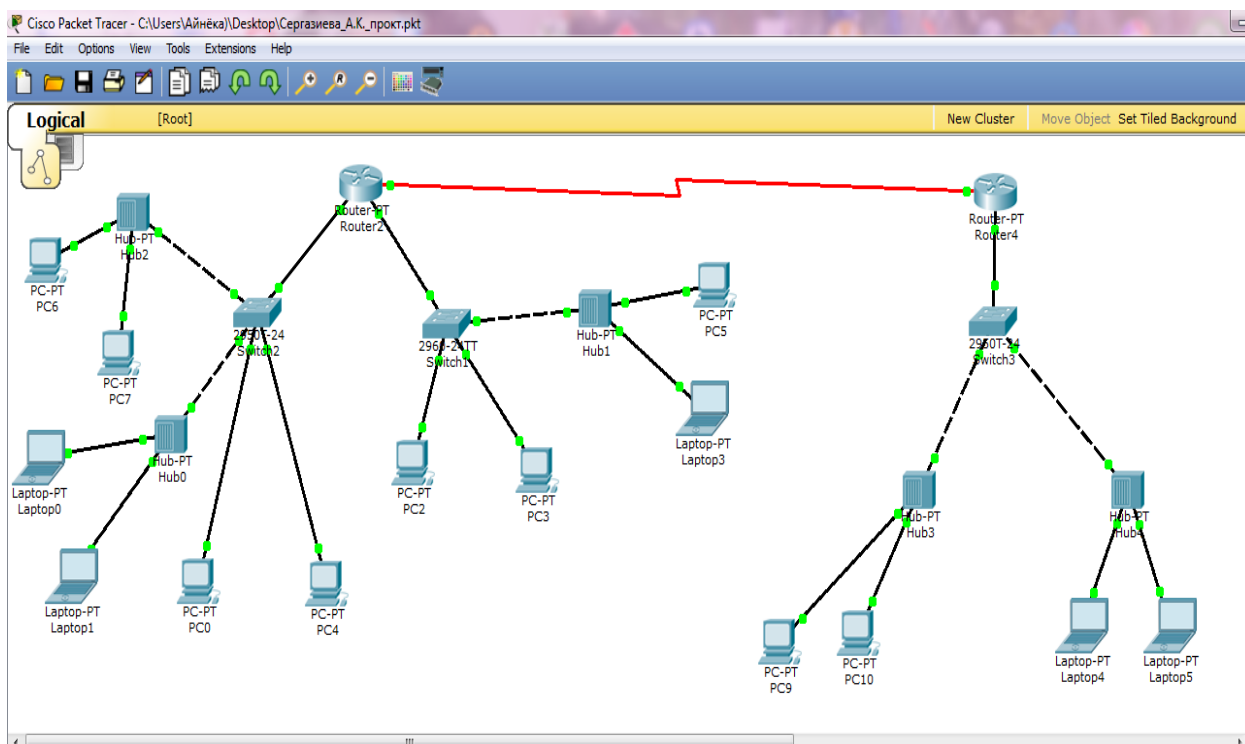


Рисунок 3.1 – Качественная модель сети для исследования производительности сетевого оборудования

Фрагмент отчета работы эксперимента приведен в приложении А. Данные элементы представляют составляющие коммутатора II уровня Planet FGSW - 2402 RS и Wi - Fi маршрутизатора D - link DIR 300 с наличием WAN / LAN FastEthernet портов.

### 3.1 Исследование производительности коммутатора Planet FGSW -2402 RS в Mpps

В таблице 3.1 приведены результаты исследования производительности коммутации пакетов для коммутатора II уровня Planet FGSW -2402 RS в Mpps при отправке ICMP пакетов.

Таблица 3.1 - Производительность коммутатора Planet FGSW -2402 RS в Mpps

Размер пакета, байт	64	128	256	512	1024	1500
Кол-во пакетов	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Время передачи, с	0,694	0,72	0,72	0,673	0,842	2,244
Пакетов в секунду	14403	13881	13895	14849	11865	3351
Скорость, Мбит/с	7,38	14,22	28,46	60,8	97,2	40,1

На рисунке 3.2 представлены графики зависимости скорости передачи данных и производительности коммутатора.

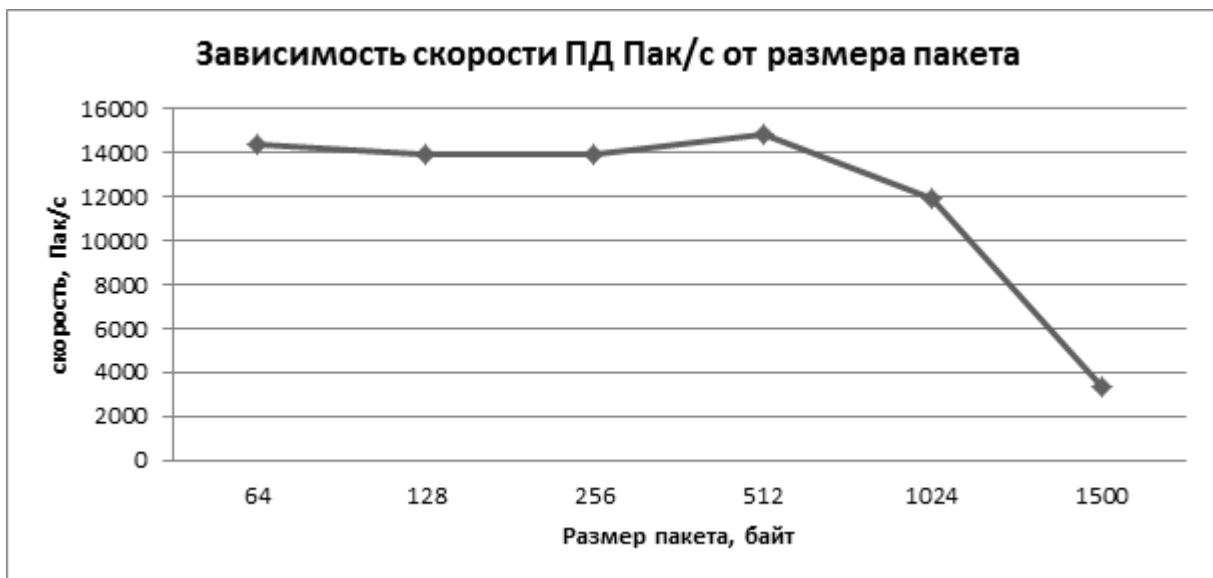
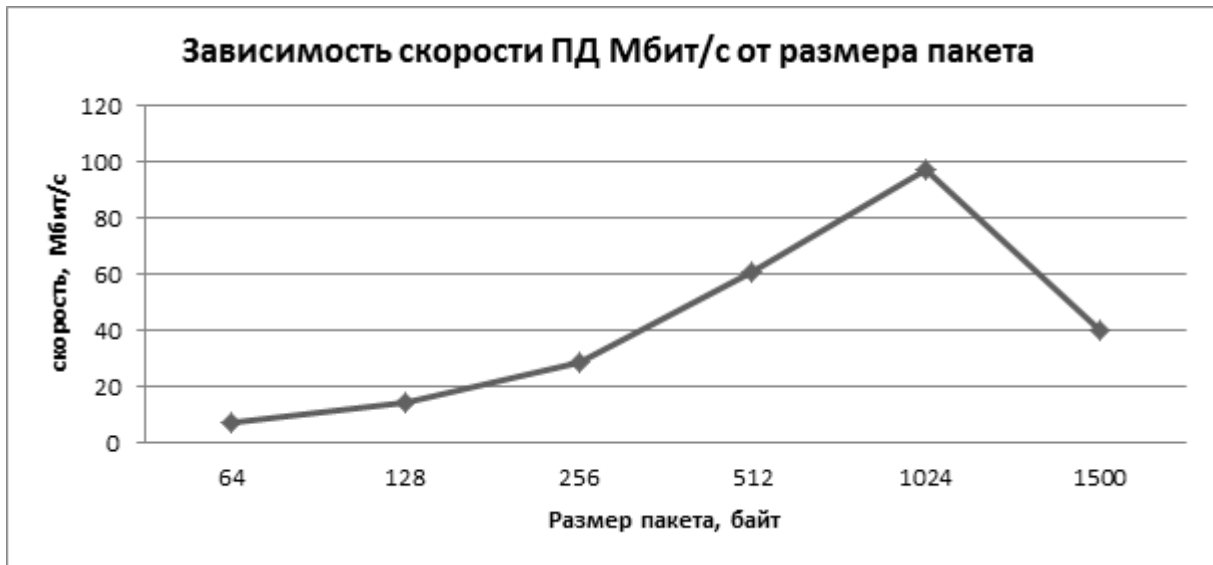


Рисунок 3.2 - Графики зависимости скорости передачи данных и производительности коммутатора

Из рисунка 3.2 видно, что коммутатор II уровня не обеспечивает стабильную скорость передачи пакетов, которая подвержена изменению в зависимости от размера передаваемых пакетов.

### 3.2 Исследование работы маршрутизатора D - link DIR 300 в Mpps

В таблице 3.2 приведены результаты работы производительности маршрутизации пакетов для маршрутизатора D - link DIR 300 в Mpps при отправке ICMP пакетов.

Таблица 3.2 - Производительность маршрутизации D - link DIR 300 в Mpps

Размер пакета, байт	256	350	512	750	1024	1500
Кол-во пакетов	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Время передачи, с	0,75	1,089	0,785	0,924	1,255	1,092
Пакетов в секунду	2000	1378	1912	1623	1195	1373
Скорость, Мбит/с	4,09	3,85	7,83	9,74	9,8	16,5

На рисунке 3.4 представлены графики зависимости скорости передачи данных и производительности маршрутизатора.

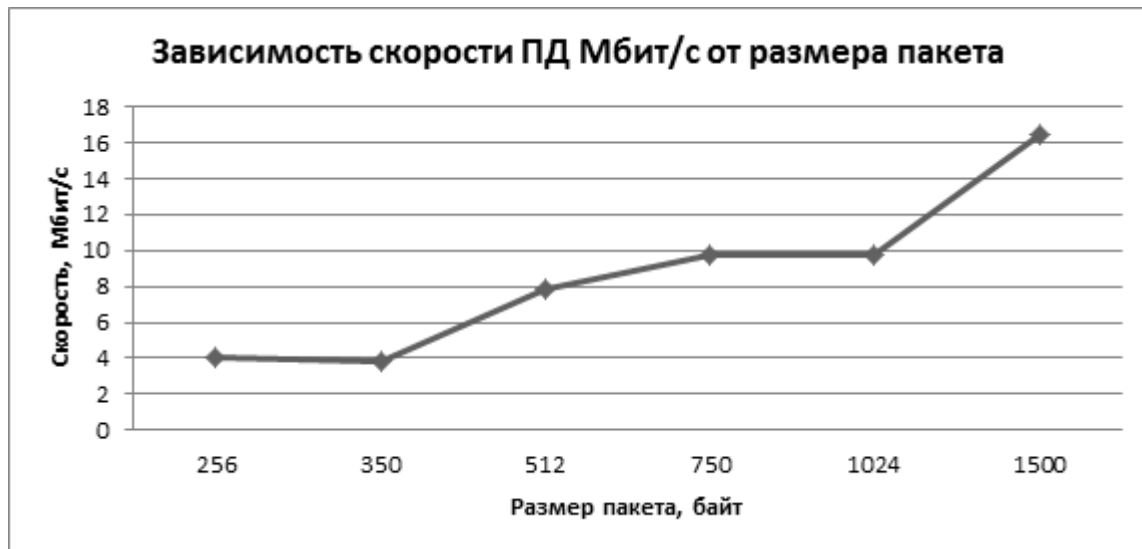
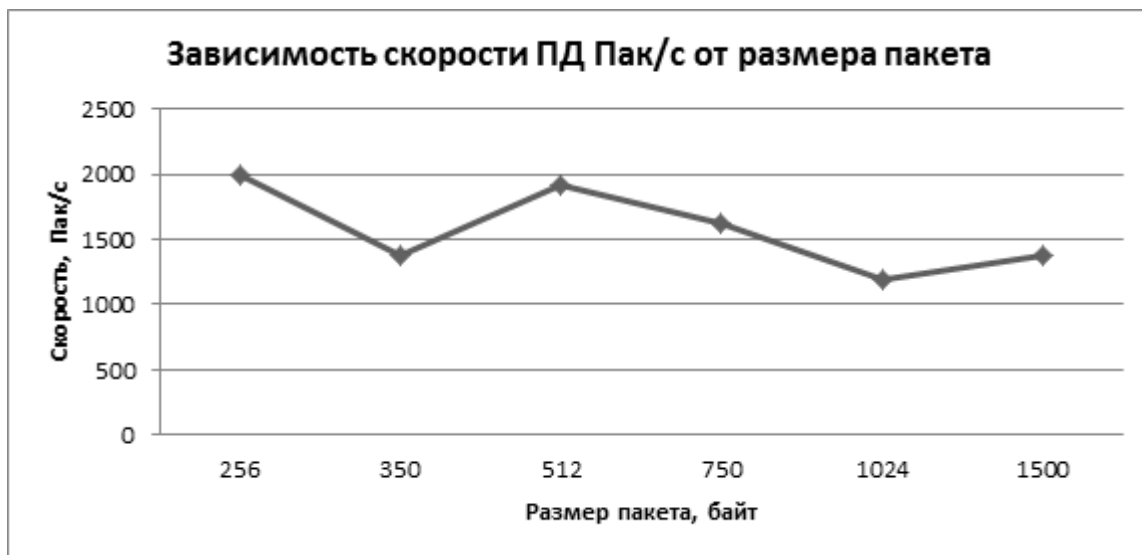


Рисунок 3.3- Зависимость скорости передачи данных и производительности маршрутизатора от размера пакета

Из рисунка 3.3 а, видно, что производительность маршрутизатора составляет 1000-2000 pps. При увеличении длины пакетов производительность несколько снижается. На графике б, видно, что низкая производительность маршрутизатора ограничивает скорость ПД от заявленных 100 Мбит/с. При увеличении длины пакетов скорость ПД увеличивается, так как производительность устройства примерно равномерна.

### 3.3 Численные результаты данных, полученных при проведении экспериментов в проектируемой ЛВС

Расчет разброса данных будем определять по формуле дисперсии:

$$\delta^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2 \cdot n}{\sum n}; \quad (3.1)$$

где  $\sigma^2$  - мера разброса полученных данных эксперимента,  
 x- Время передачи, с  
 n- частота повторяемости эксперимента,

Таблица 3.3 – результаты эксперимента производительности коммутатора Planet FGSW -2402 RS

Размер пакета, байт	Время передачи, сек							Среднее время, сек
64	0,674	0,72	0,681	0,69	0,711	0,695	0,687	0,694
128	0,81	0,7	0,78	0,631	0,8	0,69	0,629	0,72
256	0,79	0,83	0,673	0,691	0,72	0,668	0,668	0,72
512	0,599	0,85	0,731	0,67	0,632	0,57	0,659	0,673
1024	0,91	1,03	0,684	1,09	0,853	0,679	0,648	0,842
1500	2,51	1,99	2,86	1,989	2,33	1,87	2,159	2,244

Для каждого размера пакета были проведены по 7 экспериментов, на основе этих данных произведем расчет дисперсии

$$\begin{aligned} \sigma_{64}^2 &= \frac{0,5098 + 0,446 + 0,4998 + 0,4872 + 0,4583 + 0,4802 + 0,4914}{7} = 0,482 \\ \sigma_{128}^2 &= \frac{0,397 + 0,5476 + 0,4356 + 0,6545 + 0,4096 + 0,5625 + 0,6577}{7} = 0,523 \\ \sigma_{256}^2 &= \frac{0,4225 + 0,3721 + 0,5882 + 0,5610 + 0,5184 + 0,59598 + 0,59598}{7} \\ &= 0,522 \\ \sigma_{512}^2 &= \frac{0,558 + 0,246 + 0,3782 + 0,45698 + 0,509796 + 0,6021 + 0,47197}{7} = 0,46 \end{aligned}$$

$$\sigma^2_{1024} = \frac{0,599 + 0,4277 + 1 + 0,3528 + 0,6906 + 1,0,1 + 1,073}{7} = 0,736$$

$$\sigma^2_{1500} = \frac{3,9124 + 6,24 + 2,65 + 6,245 + 4,65696 + 6,8539 + 5,4242}{7} = 5,14$$

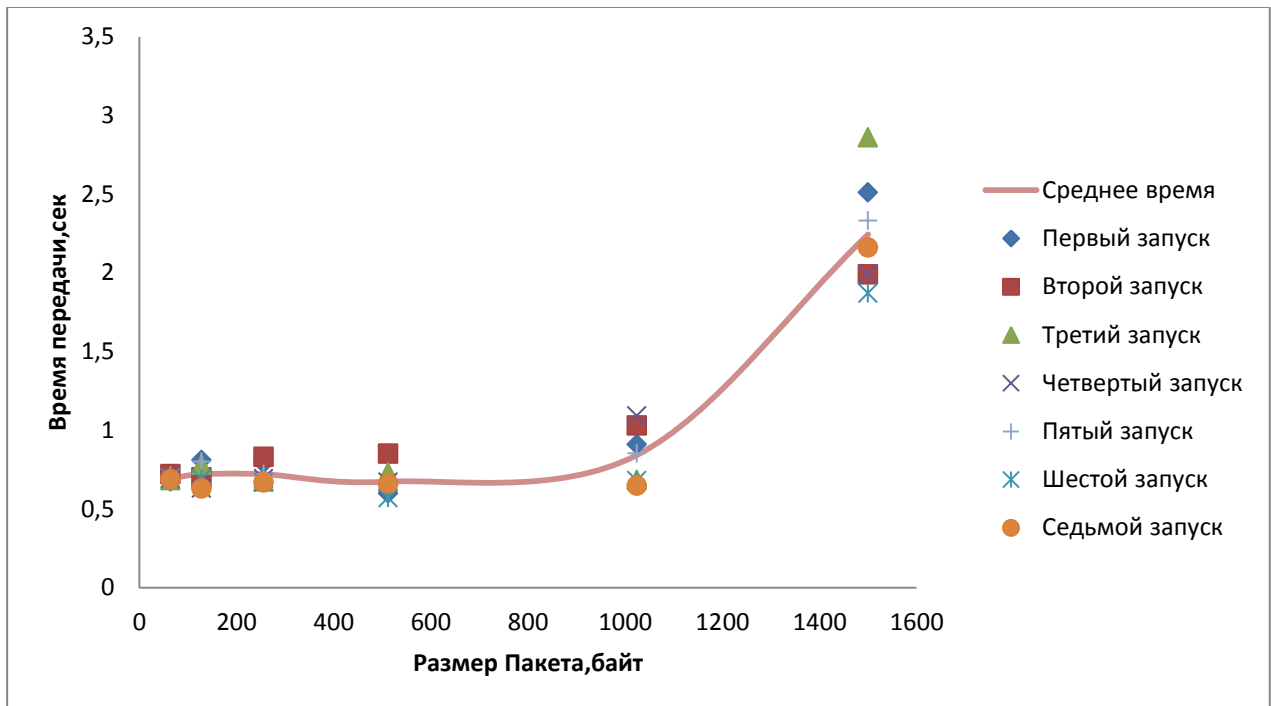


Рисунок 3.4 – График разброса данных эксперимента 1, коммутатора Planet FGSW -2402 RS

Таблица 3.4 - Результаты эксперимента производительности маршрутизации D - link DIR 300

Размер пакета, байт	Время передачи, сек							Среднее время, сек
64	0,83	0,712	0,692	0,74	0,68	0,85	0,746	0,75
128	1,23	0,976	0,99	1,129	0,97	0,85	1,478	1,089
256	0,86	0,94	0,67	0,694	0,71	0,703	0,918	0,785
512	1,1	0,94	0,879	1,12	0,89	0,761	0,778	0,924
1024	1,33	1,78	0,973	1,381	0,999	0,94	1,382	1,255
1500	0,961	0,994	1,19	1,26	1,098	0,983	1,158	1,092

$$\sigma^2_{64} = \frac{0,4489 + 0,6209 + 0,6529 + 0,5776 + 0,6724 + 0,4225 + 0,5685}{7} = 0,566$$

$$\sigma^2_{128} = \frac{0,8987 + 1,4448 + 1,4113 + 1,1004 + 1,4593 + 1,7636 + 0,49}{7} = 1,224$$

$$\sigma^2_{256} = \frac{0,5041 + 0,3969 + 0,81 + 0,7674 + 0,7396 + 0,7517 + 0,4251}{7} = 0,628$$

$$\sigma_{512}^2 = \frac{0,5595 + 0,8245 + 0,93896 + 0,53 + 0,9178 + 1,1816 + 1,1449}{7} = 0,871$$

$$\sigma_{1024}^2 = \frac{1,3924 + 0,5329 + 2,3624 + 1,2746 + 2,2831 + 2,4649 + 1,27238}{7} = 1,654$$

$$\sigma_{1500}^2 = \frac{1,4957 + 1,4161 + 0,988 + 0,8538 + 1,179 + 1,442 + 1,053}{7} = 1,204$$

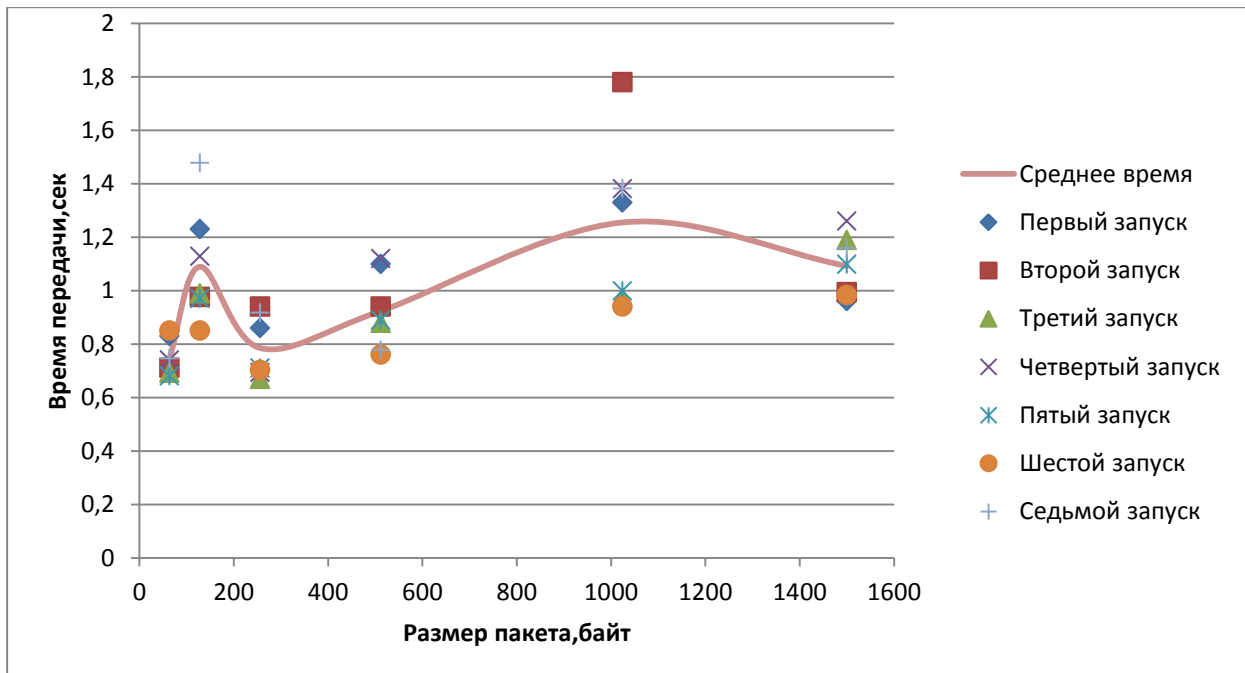


Рисунок 3.5- График разброса данных эксперимента 2, маршрутизатора D-link DIR 300

Расчет информационного потока в сети будем производить по формуле [11]:

$$\Sigma \Gamma_{\text{инф}} = \frac{a}{t} \cdot c \cdot N \text{ (кбит/с)}, \quad (3.2)$$

где  $\Sigma \Gamma_{\text{траф}}$  – суммарный поток сетевого трафика, кбит/с,  
 $a$  – количество информации, кбит,  
 $t$  – время работы рабочей станции, с,  
 $c$  – количество запросов за смену,  
 $N$  – количество рабочих станций.

Расчет информационного потока в экспериментальной лок.сети

Суммарный поток информации по протоколу SIP рассчитаем по формуле (3.3):



$$\Sigma \Gamma_{sip} = \Gamma_{sip} \cdot N, \text{кбит/с} \quad (3.3)$$

где  $\Gamma_{sip}$  – поток голосовой информации по протоколу

$$SIP \Gamma_{sip} = 128 \text{ кбит/с [13],}$$

$N$  – количество рабочих станций.

$$\Sigma \Gamma_{sip} = \Gamma_{sip} \cdot N = 128 \cdot 10 = 1280, \text{кбит/с}$$

Суммарный поток информации при использовании PuTTY рассчитаем по формуле (3.2):

$$\Sigma \Gamma_{PuTTY} = \frac{a}{t} \cdot c \cdot N = \frac{12}{28800} \cdot 1000 \cdot 10 = 4,17, \text{кбит/с}$$

Суммарный поток информации от web-обозревателя рассчитаем по формуле (3.2):

$$\Sigma \Gamma_{web} = \frac{a}{t} \cdot c \cdot N = \frac{50}{28800} \cdot 1000 \cdot 10 = 17,36, \text{кбит/с}$$

Итак, найдем общий суммарный поток от всех приложений в сети №1:

$$\begin{aligned} \Sigma \Gamma_{ТП} &= \Sigma \Gamma_{sip} + \Sigma \Gamma_{PuTTY} + \Sigma \Gamma_{WEB}, \text{кбит/с} \\ \Sigma \Gamma_{ТП} &= \Sigma \Gamma_{sip} + \Sigma \Gamma_{PuTTY} + \Sigma \Gamma_{WEB} = 1280 + 4,14 + 17,36 = 1301,5, \text{кбит/с} \end{aligned}$$

Расчет информационного потока в сети №2.

Суммарный поток голосовой информации по протоколу SIP рассчитаем по формуле (3.3):

$$\Sigma \Gamma_{sip} = \Gamma_{sip} \cdot N = 128 \cdot 4 = 512, \text{кбит/с}$$

Суммарный поток информации от web-обозревателя рассчитаем по формуле (3.2):

$$\Sigma \Gamma_{web} = \frac{a}{t} \cdot c \cdot N = \frac{50}{28800} \cdot 1000 \cdot 4 = 6,95, \text{кбит/с}$$

Суммарный поток от использования офисных программ рассчитаем по формуле (3.2):

$$\Sigma \Gamma_{оф} = \frac{a}{t} \cdot c \cdot N = \frac{2000}{28800} \cdot 400 \cdot 4 = 111,1, \text{кбит/с}$$

Найдем общий суммарный поток от всех приложений в аудитории №2:

$$\Sigma \Gamma_{аб} = \Sigma \Gamma_{sip} + \Sigma \Gamma_{WEB} + \Sigma \Gamma_{оф}, \text{ кбит/с}$$
$$\Sigma \Gamma_{аб} = \Sigma \Gamma_{sip} + \Sigma \Gamma_{WEB} + \Sigma \Gamma_{оф} = 512 + 6,95 + 111,1 = 630,05, \text{ кбит/с}$$

Расчет суммарного информационного потока всех отделов.

Расчет суммарного потока произведем по формуле:

$$\Sigma \Gamma_{инф} = \Sigma \Gamma_{ТП} + \Sigma \Gamma_{аб}, \text{ кбит/с}$$
$$\Sigma \Gamma_{инф} = \Sigma \Gamma_{ТП} + \Sigma \Gamma_{аб} = 1301,5 + 630,05 = 1931,55, \text{ кбит/с}$$

Выводы

Проведя анализ и расчет сетевого трафика видно, что максимальный поток передаваемой информации в локальной сети составляет 1931,55 кбит/с, что составляет 23% от пропускной способности по технологии 100Base-TX. Исходя из расчетных данных выберем технологию 100Base-TX.

Расчет затухания сигнала в кабеле UTP

Передаваемый сигнал теряет свою мощность в нескольких точках рассматриваемого участка сети в соответствии со стандартом ISO/IEC 11801:

- потери на 100 м витой пары 9,8 дБ;
- потери при соединении витой пары к сетевой карте 0,2 дБ;
- потери при соединении витой пары к коммутатору 0,2 дБ;

Максимально допустимое затухание сигнала на сегменте витой пары не должно превышать 10,8 дБ.

Расчет затухания будем производить для максимального по протяжению сегмента витой пары от коммутатора по следующей формуле [11]:

$$A = e_c + e_k + e_v, \text{ дБ} \quad (3.4)$$

где  $A$  – затухание на сегменте от коммутатора до рабочей станции,

$e_c$  – затухание при соединении витой пары к сетевой плате,

$e_k$  – затухание при соединении витой пары к коммутатору,

$e_v$  – затухание в кабеле.

Самый длинный сегмент на участке от шкафа до розетки 32,2 м, зная, затухание на 100 метров рассчитаем затухание на данном участке:

$$e_v = \frac{32,2 \cdot 9,8}{100} = 3,15, \text{ дБ}$$

$$A = e_c + e_k + e_v = 0,2 + 0,2 + 3,15 = 3,55, \text{ дБ}$$

На самом длинном участке затухание 3.55 дБ, что в пределах нормы.

## Вывод

Предложена натурная модель сети для оценки реальной производительности оборудования, в ней исследованы общесистемные задачи коммутация и маршрутизация данных на оборудовании: Planet FGSW -2402 RS , D - link DIR 300.

Анализ результатов показал снижение производительности «пакетов в секунду» оборудования при увеличении длины передаваемых пакетов. При выполнении дополнительных общесистемных задач производительность оборудования снизится, но оценить влияние этих задач на производительность экспериментально представляется невозможным.

## 4 Расчетная часть

### 4.1 Расчет пропускной способности среды

Рассчитаем теоретическую полезную пропускную способность Fast Ethernet без учета коллизий и задержек сигнала в сетевом оборудовании.

Отличие полезной пропускной способности от полной пропускной способности зависит от длины передаваемого кадра. Так как доля служебной информации всегда одна и та же, то, чем меньше общий размер кадра, тем выше «накладные расходы».

Служебная информация в кадрах технологии Ethernet составляет 18 байт (без преамбулы и стартового байта), а размер поля данных кадра меняется от 46 до 1500 байт. Сам размер кадра меняется от  $46 + 18 = 64$  байт до  $1500 + 18 = 1518$  байт. Поэтому для кадра минимальной длины полезная информация составляет всего лишь  $46 / 64 \approx 0,72$  от общей передаваемой информации, а для кадра максимальной длины  $1500 / 1518 \approx 0,99$  от общей информации.

Чтобы рассчитать полезную пропускную способность локальной сети для передаваемых кадров максимального и минимального размера, необходимо учесть различную частоту следования кадров передачи данных. Естественно, что, чем меньше размер передаваемых кадров, тем больше таких кадров будет проходить по сети за единицу времени, перенося с собой большее количество служебной информации.

При передаче кадра по локальной сети максимального размера, который вместе с преамбулой имеет длину 1526 байт или 12208 бит, период следования составляет  $12\ 208 \text{ бит} + 96 \text{ бит} = 12\ 304 \text{ бит}$ , а частота передаваемых кадров при скорости передачи 100 Мбит/с составляет  $1 / 123,04 \text{ мкс} = 8127 \text{ кадр/с}$ .

Так, для передачи кадра минимального размера, который вместе с преамбулой имеет длину 72 байта, или 576 бит, потребуется время, равное 576 бит, а если учесть межкадровый интервал в 96 бит то получим, что период следования кадров составит 672 бит. При скорости передачи в 100 Мбит/с это соответствует времени 6,72 мкс. Тогда частота следования кадров, то есть количество кадров, проходящих по сети за 1 секунду, составит  $1/6,72 \text{ мкс} \approx 148810 \text{ кадр/с}$ .

Рассчитаем пропускную способность сети [14]:

$$V_p = V_r \cdot 8 \cdot f, \text{бит/с} \quad (7)$$

где  $v_p$  – полезная пропускная способность,  
 $f$  – частота следования кадров,  $V_p$  – объем полезной информации.

Для кадра минимальной длины (46 байт) теоретическая полезная пропускная способность равна:

$$V_{p\min} = V_r \cdot 8 \cdot f = 148\,810 \text{ кадр/с} = 54,76 \text{ Мбит/с},$$

что составляет лишь немногим больше половины от общей максимальной пропускной способности сети.

Для кадра максимального размера (1500 байт) полезная пропускная способность сети равна:

$$V_{p\max} = V_r \cdot 8 \cdot f = 8127 \text{ кадр/с} = 97,52 \text{ Мбит/с}.$$

Таким образом, в сети FastEthernet полезная пропускная способность может меняться в зависимости от размера передаваемых кадров от 54,76 до 97,52 Мбит/с.

#### **4.2 Расчет некоторых параметров функционирования локальной сети**

При проектировании сетей стандартов 10Base-T необходимо придерживаться требований, предъявляемых стандартом IEEE 802.3. С другой стороны, выполняя конкретные проекты, часто не удается обойтись этими правилами и приходится заниматься непосредственными поверочными расчетами задержек распространения сигналов. Однако, если при разработке сети удалось соблюсти все перечисленные выше требования, сеть будет успешно функционировать и Заказчик не выскажет Вам никаких претензий. Традиционно планирование сети состоит из трех этапов:

- 1) предварительный сбор максимально возможной информации о необходимости, условиях работы и размещении сети;
- 2) изучение всех возможных соответствующих вариантов реализации сети;
- 3) выбор варианта с наилучшим сочетанием цены и производительности.

Такие действия по планированию сети совершенно естественны, однако требуют больших временных затрат и, соответственно достаточно трудоемки, так как при планировании сети надо учесть очень много переменных. Поэтому они, как правило, проводятся не в полном объеме. Вместо того, чтобы последовательно выбирать каждый компонент сети, обычно начинают со стандартного плана, который подходит в большинстве ситуаций, а в

дальнейшем корректируют его в соответствии с конкретной задачей.. такой подход значительно быстрее и дешевле. Ниже представлена широко распространенная при установке сетей конфигурация. В такой локальной сети количество рабочих станций обычно не превышает 50. Это комбинированная сеть, Т.Е. имеет элементы и одноранговой сети, и сети на основе сервера.

Четкое распознавание коллизий – необходимое условие корректной работы сети Ethernet. Если станция не распознает коллизию до окончания передачи кадра, она решит, что кадр передан верно, и приготовится передавать следующий кадр. Таким образом, произойдет потеря кадра. Говоря точнее, искаженная информация будет повторно передана каким – либо протоколом верхнего уровня, например, транспортным или прикладным, но повтор будет через большой интервал времени по сравнению с микросекундными интервалами протокола Ethernet, что приведет к снижению полезной пропускной способности.

Для подключения к сети удаленных групп могут быть использованы концентраторы с дополнительным волоконно-оптическим портом. Существуют три разновидности реализации такого порта:

- вставляемый в гнездо расширения slide-in-микротрансивер;
- вставляемый в гнездо разъема АUI навесной микротрансивер;
- постоянный оптический порт.

Оптические концентраторы применяются в качестве центрального устройства распределенной сети с большим количеством отдельных удаленных рабочих станций и небольших рабочих групп. Порты такого концентратора выполняют функции усилителей и осуществляют полную регенерацию пакетов. Существуют концентраторы с фиксированным количеством подключаемых сегментов, но некоторые типы концентраторов имеют модульную конструкцию, что позволяет гибко подстраиваться к существующим условиям. Чаще всего концентраторы и репитеры представляют собой автономные блоки с отдельным питанием.

Для надежного распознавания коллизий необходимо, чтобы

$$T_{\min} \geq PDV \quad (4.1)$$

где  $T_{\min}$  – время передачи кадра минимальной длины (576 битовых интервалов).

PDV (Path Delay Value) – время, за которое сигнал дважды распространится до самого дальнего узла сети (в прямом направлении – неискаженный сигнал; в обратном – сигнал с коллизией, возникшей на подходе к дальнему узлу, что соответствует худшему случаю – максимальному времени обнаружения коллизии источником). При этом условии протокол Ethernet источника обнаружит коллизию еще до того, как закончит передачу кадра, и, соответственно, примет решение о его повторной передаче. Требования, предъявляемые стандартом IEEE 802.3, подобраны таким образом, что условие:

$$T_{\min} \geq PDV \quad (4.2)$$

гарантированно выполняется и коллизия всегда распознается.

Стандартом Ethernet IEEE 802.3 (Ethernet) предусматривается соблюдение еще одного требования при передаче кадров в сети.

Сокращение межкадрового интервала PVV (Path Variability Value) при прохождении кадров через все повторители не должно превышать 49 битовых интервалов. При отправке кадра узлы обеспечивают межкадровое расстояние 96 битовых интервалов. Тогда после прохождения повторителей оно должно быть не менее  $96-49=47$  битовых интервалов.

Соблюдение этих двух требований обеспечит работу сети даже при нарушении простых правил (правила 4-х хабов; правила 5-4-3 и др). Комитет 802.3 приводит исходные данные о задержках, вносимых элементами сети для расчета корректности сети в таких случаях. Эти расчеты особенно нужны для сетей из смешанных кабельных систем, на которые простые правила не рассчитаны. При этом максимальная длина сегмента должна строго соответствовать соответствующей технологии.

#### *Проверочный расчет корректности ЛВС*

Расчетный метод оценки конфигурации сети основан на известной методике [14] и включает в себя два раздела:

- расчет ЛВС на PDV;
- расчет ЛВС на PVV.

Для обеспечения соответствия требованиям IEEE 802.3 в сети должны одновременно выполняться 2 указанных ниже условия:

- задержка детектирования коллизий;
- продолжительность двойного пути («туда и обратно») между любыми двумя точками (PDV) не должна превышать 575 бит;
- межпакетный интервал - сокращение межкадрового интервала PVV не должно превышать 49 бит.

#### *Расчет времени задержки детектирования коллизий (PDV)*

Поскольку длина минимального пакета может составлять (с учетом преамбулы) 576 битов, время транспортировки пакета по самому длинному пути (PDV) не должно превышать 575 битов, чтобы можно было надежно детектировать коллизии. При расчете этого времени нужно принимать во внимание время распространения сигналов по кабелю и задержку, вносимую повторителями.

Значения задержек, вносимых элементами сети и используемых для расчета PDV, оговорены в стандарте IEEE 802.3 (см. таблицу 4.1).

Таблица 1.1 -Значения задержек, вносимых элементами сети

Удвоенные задержки PDV (в битах)

Тип сегмента	Левый край, м	Центр, м	Прав. край, м	Задержка распространения на 1 м	Максимальная длина сегмента, м	Максимальная задержка в сегменте		
						левом	прав	средне м
10Base-5	11,8	46,5	169,5	0,0866	500	55,1	89,8	212,8
10Base-2	11,8	46,5	169,5	0,1026	185	30,7	65,5	188,5
10Base-T	15,3	42	165	0,113	100	26,6	53,3	176,3
10Base-FB	-	24	-	0,1	2000	-	224	-
10Base-FL	12,3	33,5	156,5	0,1	2000	212,3	233,5	356,5
FOIRL	7,8	29	152	0,1	1000	107,8	129	252
AUI	0 (> 2)	0 (> 2)	0 (> 2)	0,1026	2 - 48	4,9	4,9	-

Левым считается передающий конец сегмента, правым – приемный.

Для расчета полной задержки следует сложить соответствующие значения : (Левый край + задержка распространения \* длина) + (центр + задержка распространения \* длина) + ... (центр + задержка распространения \* длина) + (правый край + задержка распространения \* длина) = PDV

Задержка распространения зависит от типа и длины кабеля, возрастая пропорционально последней.

Три правых колонки таблицы (максимальная задержка) содержат значения PDV, рассчитанные для сегментов максимальной длины с учетом базовой задержки (левые колонки). Максимальное допустимое значение PDV составляет 575 битов. Если крайние сегменты самого длинного пути различаются, нужно рассчитать PDV для обоих направлений и выбрать большее значение. При этом комитет IEEE 803.3 рекомендует предусмотреть запас в 4 битовых интервала.

*Расчет сокращения межпакетного интервала (PVV)*

Этот расчет показывает, насколько сократится интервал между 2 последовательными пакетами, переданными по самому длинному пути. Сокращение интервала определяется изменением длины пакета в левом и средних сегментах (в правом, приемном, межпакетный интервал уже не меняется).

Для путей с различными сегментами справа и слева нужно считать PVV для обоих направлений и выбирать большее значение (таблица 5). Максимальное значение PVV составляет 49 битов.

Таблица 2 - Сокращение межкадрового интервала, вносимые элементами сети

Сокращение межкадрового интервала		
Тип сегмента	Передающий конец	Промежуточный сегмент
Коаксиальный повторитель (10Base-5, 10Base-2)	16	11
10Base-FB	не определено	2
10Base-FL	10.5	8
Повторитель 10Base-T	10.5	8

Полное сокращение межкадрового интервала равно сумме сокращений на отдельных сегментах пути:

Левый сегмент + промежуточный сегмент + ... + промежуточный сегмент = PVV

Правила объединения рабочих групп

Рассмотрим правила проектирования ЛВС на базе "Правила 5-4-3" для сетей стандартов 10Base-2/Т/Ф.

*Способы объединения рабочих групп*

Учитывая, что основная масса ЛВС сегодня проектируется с применением технологии 10Base-Т, а все прочие используются лишь как вспомогательные, основное внимание уделяется решениям, осуществляющим объединение рабочих групп, построенных на базе или с применением UTP кабеля.

Ниже на рисунке приведены примеры топологий на основании стандарта 10Base-Т.



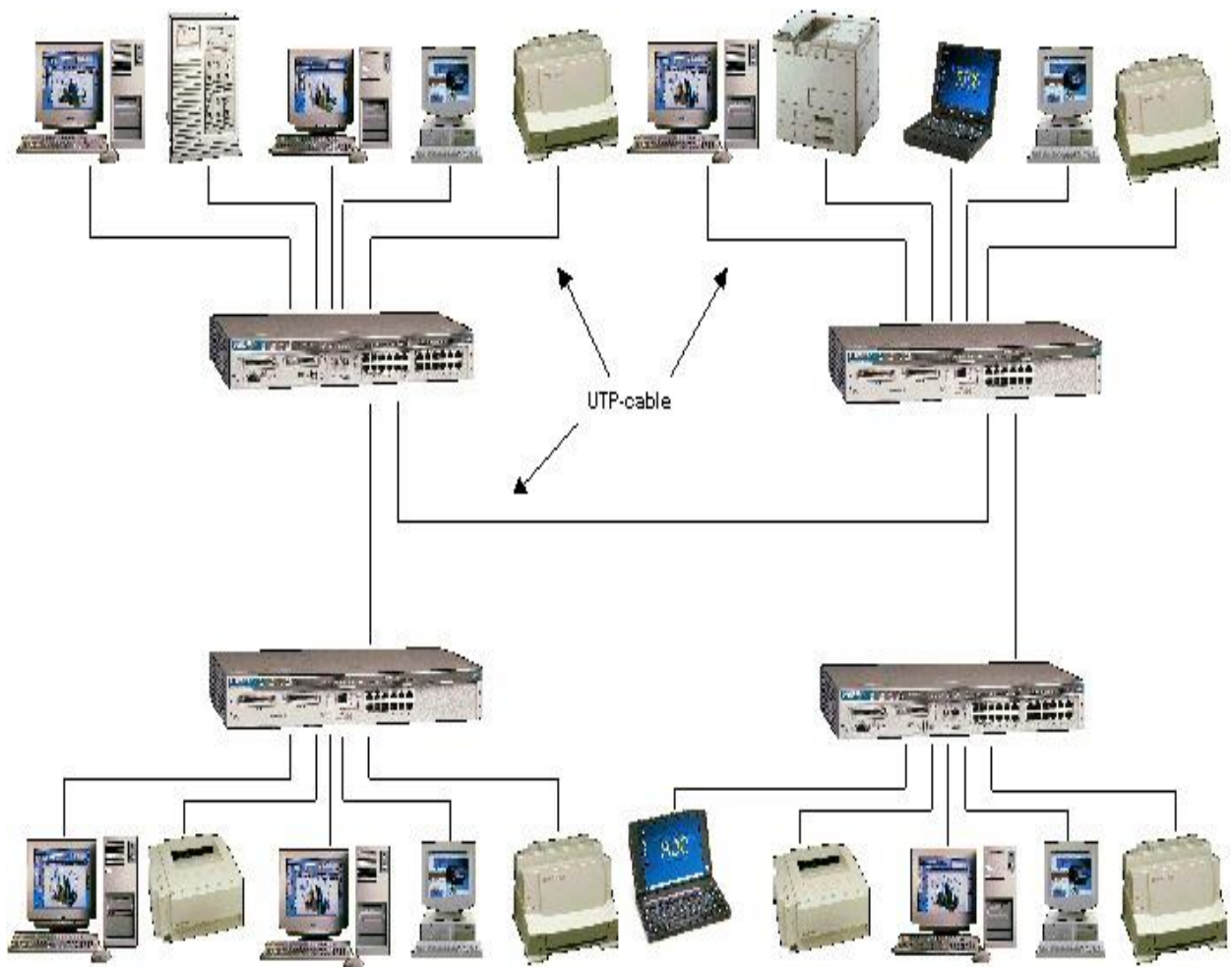


Рисунок 4.1 - Пример топологии без построения магистрали

В случае объединения рабочих групп по технологии 10Base-T допускается последовательное соединение до четырех концентраторов с применением кабеля на витой паре. В данной сети отсутствует магистраль (backbone). Это пример того, как не надо строить сети. Так можно проектировать лишь территориально рассредоточенные офисные ЛВС.

Ниже приведен пример использования магистрали стандарта 10Base-2.

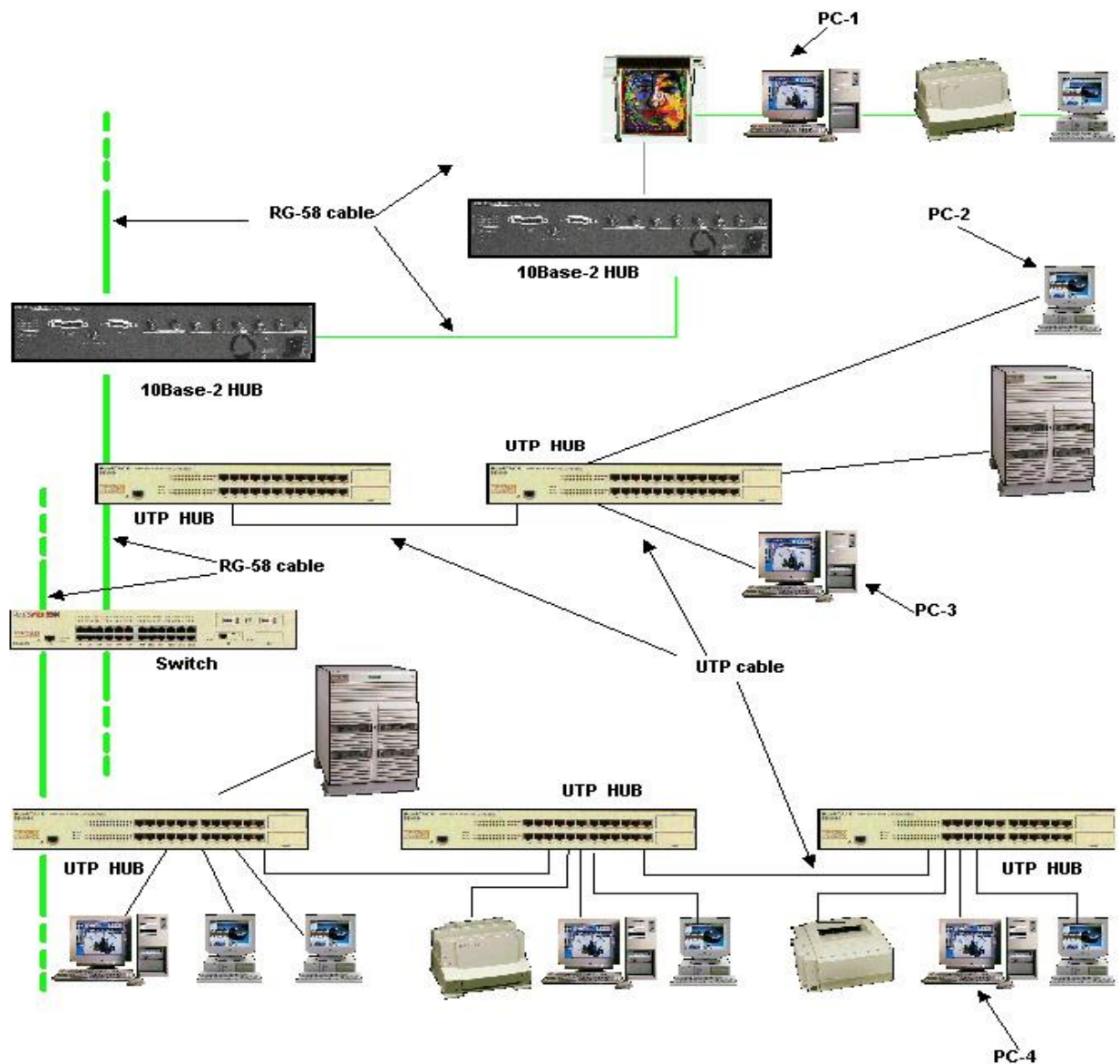


Рисунок 4.2 - Пример топологии с построением магистрали по технологии 10Base-2

В данном примере switch разделяет два сегмента магистрали, построенной с применением тонких коаксиальных кабелей. К верхнему сегменту подключены две цепочки концентраторов: два концентратора класса 10Base-2 и два концентратора класса 10Base-T.

Верхний сегмент содержит четыре повторителя (два класса 10Base-T и два 10Base-2). Тем самым между PC-1 и PC-2 имеются пять кабельных сегментов (три сегмента тонкого коаксиального кабеля и два сегмента кабеля с витыми парами). Три тонких коаксиальных сегмента - это максимально допустимое число между двумя узлами.

Нижний сегмент магистрали 10Base-2, содержит три последовательно соединенных концентратора класса 10Base-T. В результате между узлами PC-3 и PC-4 воображаемый сигнал проходит через три концентратора класса

10Base-T, затем на пути данных встречается коммутатор, и счет концентраторов, а так же кабельных сегментов начинается сначала. Затем данные проходят через два концентратора 10Base-T. Если бы на пути данных не было коммутатора, то тогда между этими узлами насчитывалось бы пять повторителей. Это было бы нарушением правила “максимум четыре повторителя”.

Лучше всего подключать концентраторы к тонкой коаксиальной магистрали таким образом, чтобы их никогда не было более двух в цепочке. В этом случае правило “четырёх концентраторов” никогда не будет нарушено, даже если Вы, торопясь, по ошибке не верно сконфигурируете свою сеть на кроссовой панели.

Ниже на рисунке приведен пример исключения из правил “5-4-3”

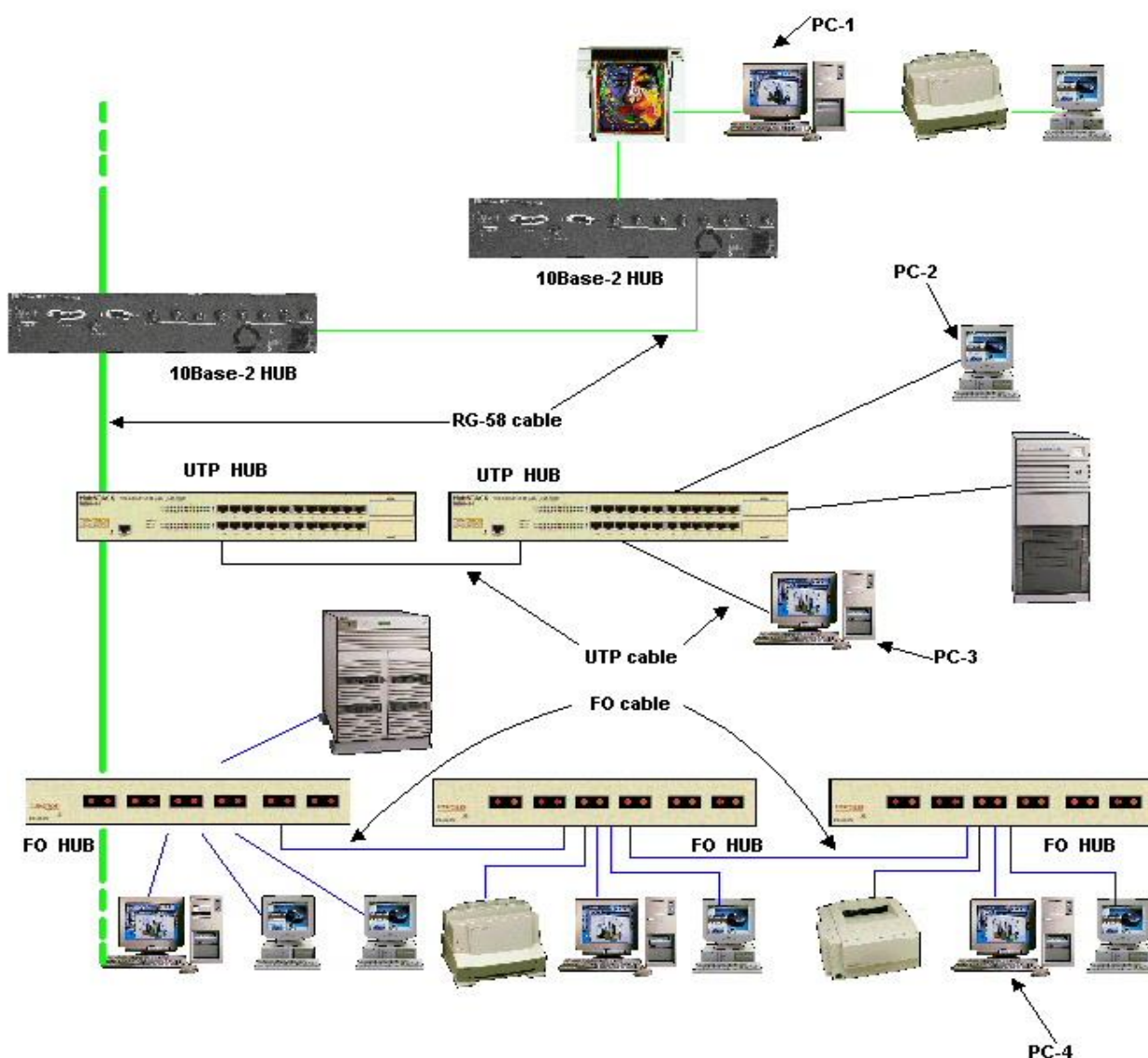


Рисунок 4.3 - Пример гибридной топологии с применением тонкого коаксиального, UTP и FO кабелей

Этот пример демонстрирует особенности, которые появляются при внедрении оптических технологий: применение ФО кабельных систем позволяет увеличить длины кабельных сегментов (до 2000 м), возрастает безопасность (несанкционированное подключение к оптическому) и помехоустойчивость (ФО кабели связи не восприимчивы к внешним электромагнитным излучениям и не излучают сами).

Рассматривая этот пример, необходимо помнить, что соединение разнотипных по передающим средам устройств осуществляется с помощью специальных конвертеров.

В данном случае к магистрали 10Base-2 подключены: концентратор класса 10Base-2 и ФО концентратор (на практике подобное соединение возможно для подключения рабочих групп, находящихся в условиях наличия сильных помех).

Между PC-1 и PC-2 имеются четыре повторителя. В то же время, между PC-3 и PC-4 пять повторителей (10Base-2 Hub, 10Base-T Hub и три оптоволоконных). Эта конфигурация представляет собой исключение из правила “четырёх повторителей”: когда один или несколько оптоволоконных концентраторов применяются вместе с концентраторами “на меди”, то на пути между двумя узлами допускается использовать пять повторителей.

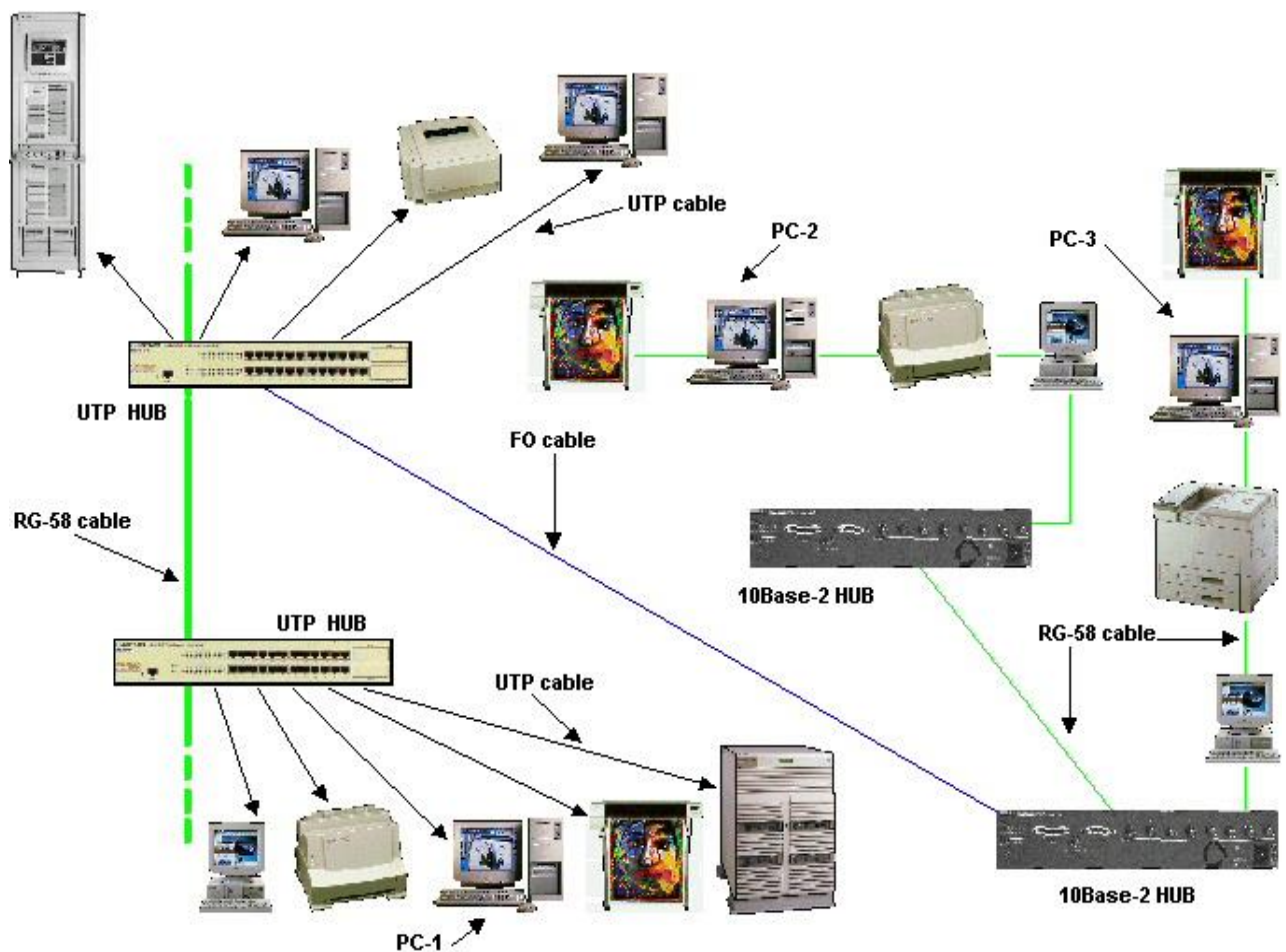


Рисунок 4.4 - Пример применения гибридной топологии

На этом примере также демонстрируется совместное применение в рамках одной рабочей группы трех типов кабелей: оптоволоконного, тонкого коаксиального и кабеля с витыми парами.

В данном случае также стоит помнить, что соединение разнотипных по передающим средам устройств осуществляется с помощью конвертеров сред.

На пути связи от РС-1 до РС-2 расположены четыре концентратора (два устройства типа 10Base-T и два типа 10Base-2). При этом между РС-1 и РС-2 лежат пять кабельных сегментов: один с витыми парами, три тонких коаксиальных и один оптоволоконный. Тем самым правило “не более трех тонких коаксиальных сегментов” выполнено. На пути распространения сигнала между узлами РС-2 и РС-3 расположены два концентратора 10Base-2 и три сегмента тонкого коаксиального кабеля, тем самым также не нарушается ни один из пунктов правила 4-3-2.

### 4.3 Рекомендации по расчету качества параметров сети

Предлагается три класса обслуживания, учитывающие различные параметры качества, необходимые для передачи различных типов трафика:

- Real Time (RT) – для передачи трафика, чувствительного к задержкам и джиттеру;
- Business Critical (BC) – для передачи трафика, чувствительного к потерям пакетов и, в меньшей степени, к задержкам;
- Best Effort (BE) – для трафика, передаваемого по остаточному принципу.

Классы обслуживания отличаются параметрами качества обслуживания (QoS).

Таблица 4.2 – Результаты тестов

Название измерения	Период измерений, сек	Размер пакетов	Число пакетов	Класс обслуживания (TOS)	Интервал между пакетами, мс
Real Time	60	40	50	160	20
Business Critical 40	60	40	50	96	100
Business Critical 400	60	400	50	96	100
Business Critical 1460	60	1460	50	96	100
Best Effort	60	400	50	0	100
Video 1460	60	1460	50	160	100
Video 400	60	400	50	160	100

Для оценки качественных характеристик сети ПД на устройствах сети широкополосного доступа Metro Ethernet установлены “shadow” маршрутизаторы (агенты). Измерения ведутся с помощью тестов технологии Cisco IOS IP SLA. Агенты выполняют тест по заданным параметрам (Таблица 4.2) и сохраняют результаты. Эксперименты проводятся в лаборатории АО «Казахсталеком». Агенты проводят эксперименты в лабораторных условиях под наблюдением экспертов, в целях точных результатов экспериментов.

Систем мониторинга Netcool PROVISO собирает результаты тестов, вычисляет метрики, консолидирует результаты в центральном хранилище и предоставляет через веб-портал, как исторические отчеты, так и отчеты реального времени по ключевым индикаторам производительности (KPI). Благодаря уникальной архитектуре, система готовит нужный отчет в считанные секунды вне зависимости от длительности отчетного периода.

Для подсчета значений метрик по измерениям IP SLA в Proviso используются так называемые SNMP Collection Formulas, написанные на специальном внутреннем языке. Смысл их в том, чтобы дать указание SNMP-коллектору опросить определенные значения (OID) по протоколу SNMP на заданном устройстве и для заданного измерения. Затем путем определенных арифметических и логических операций получить и сохранить значение для метрики либо отбросить его (в том случае, например, если данные по конкретному измерению были опрошены дважды).

Показатели «Качество работы сети ПД» рассчитывается в целом по Обществу, по филиалам, по населенным пунктам определенного филиала за анализируемый период (сутки, неделя, месяц).

Описание методики расчета показателя «Качество работы сети ПД по показателю задержки пакетов для класса обслуживания BE»

«Качество работы сети ПД по показателю задержки пакетов» – числовой показатель, который характеризует способность сети ПД передавать данные без задержки или с минимальной задержкой пакетов.

Расчет показателя «Качество работы сети ПД по показателю задержки пакетов для класса обслуживания BE» основывается на статистических данных (полученных от Cisco по SNMP) системы мониторинга Netcool PROVISO.

Показатель «Качество работы сети ПД по показателю задержки пакетов для класса обслуживания BE» вычисляется по формуле, показанной в листинге программы Cisco по SNMP:

$$\text{Средняя задержка пакетов} = \frac{\text{rttMonLatestJitterOperRTTSum}}{\text{rttMonLatestJitterOperNumOfRTT}}$$

rttMonLatestJitterOperRTTSum – суммарное значение задержек по всем пакетам, которые вернулись

rttMonLatestJitterOperNumOfRTT – фактическое количество пакетов, которые вернулись после отправки

Суммарное значение задержек по всем пакетам, которые вернулись (rttMonLatestJitterOperRTTSum), измеряется в мсек. – это величина случайная, которая характеризует суммарное время задержки пакетов в процессе отправки.

Фактическое количество пакетов, которые вернулись после отправки (rttMonLatestJitterOperNumOfRTT), – величина случайная, которая характеризует число реально отправленных пакетов.

*Методика расчета показателя «Качество работы сети ПД по показателю потери пакетов»*

«Качество работы сети ПД по показателю потери пакетов » – процентный показатель, который характеризует способность сети ПД передавать данные без потери или с минимальными потерями пакетов.

Расчет показателя «Качество работы сети ПД по показателю потери пакетов для» основывается на статистических данных (полученных от Cisco по SNMP) системы мониторинга Netcool PROVISO.

*Показатель «Качество работы сети ПД по показателю потери пакетов» вычисляется по формуле:*

$$100 * (1 - \text{rttMonLatestJitterOperNumOfRTT} / (\text{rttMonLatestJitterOperPacketLossSD} + \text{rttMonLatestJitterOperPacketLossDS} + \text{rttMonLatestJitterOperPacketMIA}))$$

(rttMonLatestJitterOperNumOfRTT) – Фактическое количество пакетов, которые вернулись после отправки, величина случайная, которая характеризует число реально отправленных пакетов.

rttMonLatestJitterOperPacketLossSD - количество потерянных пакетов в пути с источника в адрес назначения

rttMonLatestJitterOperPacketLossDS - количество потерянных пакетов в пути с адреса назначения в источник

rttMonLatestJitterOperPacketMIA- количество пакетов для которых не определено направление

Пороговые значения для технических показатели качества работы сети ПД

Параметры задержки, колебаний и потери пакетов для класса обслуживания RT

Таблица 4.3 - Параметры задержки, колебаний и потери пакетов для класса обслуживания ВС

Параметры	Уровень критичности (пороги)		Норма
	<i>Critical</i>	<i>Major</i>	
Delay (Latency), ms	120	100	80
Jitter, ms	10	7	5
Packet Loss, %	4	2	0

Таблица 4.4 - Параметры задержки, колебаний и потери пакетов для класса обслуживания BE

Параметры	Уровень критичности (пороги)		Норма
	<i>Critical</i>	<i>Major</i>	
Delay (Latency), ms	150	120	100
Jitter, ms	30	20	10
Packet Loss, %	4	2	0

Таблица 4.5 - Параметры задержки, колебаний и потери пакетов

Параметры	Уровень критичности (пороги)		Норма
	<i>Critical</i>	<i>Major</i>	
Delay (Latency), ms	400	300	200
Jitter, ms	50	40	30
Packet Loss, %	4	2	0

Примечание:

1. Значения параметра Delay в таблице указаны для задержки в одну сторону (One way delay).

2. В данное время система Proviso рассчитывает значение параметра Delay как задержку в обе стороны (RTT - Round Trip Time), поэтому для определения One way delay, необходимо значение RTT разделить на два, что согласуется с рекомендациями компании CISCO.





## **Заключение**

В данной диссертационной работе была произведена оценка качества параметров с целью улучшения работы локальных сетей при передаче информации. Для достижения поставленной цели в работе были исследованы существующие принципы построения сетей, освоены требования, предъявляемые к современным локальным вычислительным сетям, провести исследование настроек при работе сетевого устройства и на различном оборудовании. В экспериментах использовалась программа Cisco Packet Tracer, которая отражает широкий диапазон полученных параметров. После проведенного эксперимента были произведены расчеты некоторых параметров функционирования локальной сети.

Предложена натурная модель сети для оценки реальной производительности оборудования, в ней исследованы общесистемные задачи коммутация и маршрутизация данных на оборудовании: Planet FGSW -2402 RS , D - link DIR 300.

Анализ результатов показал снижение производительности «пакетов в секунду» оборудования при увеличении длины передаваемых пакетов. При выполнении дополнительных общесистемных задач производительность оборудования снизится, но оценить влияние этих задач на производительность экспериментально представляется невозможным.

## Перечень сокращений

- 1) CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) – метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов
- 2) IEEE ( Institute of Electrical and Electronics Engineers)- Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
- 3) ISO (International Organization for Standardization) - Международная организация по стандартизации
- 4) MAC (Media Access Control) - управление доступом к среде
- 5) ITU (International Telecommunication Union) - Международный союз электросвязи
- 6) ECMA- Европейская ассоциация производителей компьютеров
- 7) ANSI (American National Standards Institute) – Американский национальный институт стандартов
- 8) GPSS (General Purpose Simulating System)- является язык для моделирования дискретных систем
- 9) UTP ( Unshielded twisted pair) — неэкранированная витая пара
- 10) PVV(Path Variability Value) - межкадровый интервал
- 11) PDV (Path Delay Value)- время, за которое сигнал дважды распространится до самого дальнего узла сети

## Список литературы

1. Davis, C.C., Murphy, T.E. Fiber-Optic Communications [In the Spotlight] Signal Processing Magazine, IEEE. Volume:28 , Issue: 4 ;
2. Routray, S.K. The Changing Trends of Optical Communication Potentials, IEEE. Volume: 33 , Issue: 1, 26 May 2007, Pages 1655–1695
3. Симонина О.А. Расчет параметров качества обслуживания сетей нового поколения // 56-я НТК ППС: мат-лы / СПбГУТ. СПб, 2004. С. 17.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. – СПб.: Питер, 2001. – 544 с.
5. Столлингс В. Современные компьютерные сети. – СПб.:Питер, 2008–782 с.
6. Линн М. Бремнер, Энтони Ф. Иззи, ОлСервани. Библиотека программиста INTRANET. – Минск: Попурри, 1998. – 512 с.
7. Маклаков СВ. Создание информационных систем. – М.: Диалог – МИФИ, 2005. – 267 с.
8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов 4 изд. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.: ил.
9. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Проектирование энергоснабжения ЛВС: стандартное издание №552. – Канада, 2000. – 86 с.
10. Козлова Б., Ушаков И. Справочник по расчету надежности. М.: Сов. Радио, 1975.
11. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения.
12. Рубрика Локальные сети. Режим доступа: [http://www.knijki.net/section\\_local.html](http://www.knijki.net/section_local.html), открытый
13. Кузмичев В. Открытые системы: приложения. Режим доступа: [http://www.osp.ru/os/1999/11-12/177898/\\_p2.html](http://www.osp.ru/os/1999/11-12/177898/_p2.html), открытый.
14. Официальный сайт корпорации D-Link. Режим доступа: <http://www.dlink.ru/>, открытый.
15. Семенов Ю.А. Сетевая надежность. M.O. Ball, C.J. Colbourn, J.S. Provan Network Reliability. Режим доступа: [http://book.itep.ru/4/45/network\\_r.htm#13](http://book.itep.ru/4/45/network_r.htm#13), открытый.
16. Сергей Орлов. Журнал сетевых решений LAN. Открытые системы – №9, 2009. Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/list/2009/09.html>, открытый.

# Приложение А

## Фрагмент отчета работы эксперимента в среде Cisco Packet Tracer

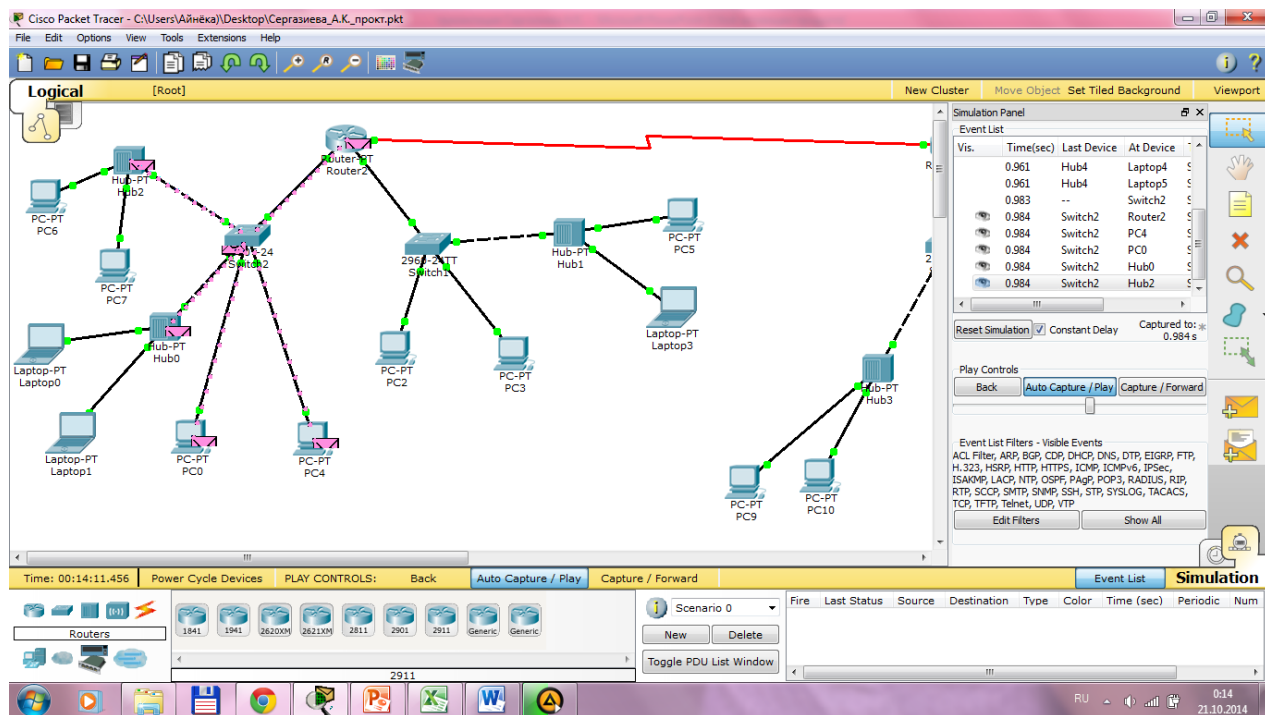


Рисунок А 1 – Фрагмент отчета работы эксперимента в среде Cisco Packet Tracer