Министерство образования и науки Российской Федерации

Новосибирский государственный технический университет

Н. Л. ДОЛОЗОВ, В.Г. КОБЫЛЯНСКИЙ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов 3 курса направлений 01.03.02 «Прикладная математика» и 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» факультета прикладной математики и информатики

Новосибирск

2019

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерные сети — это одна из самых важных и захватывающих технологий нашего времени. Два десятилетия назад доступ к сетям имело лишь небольшое число людей. В настоящее время обмен данными между компьютерами стал неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. С осознанием важности компьютерных сетей и ростом их популярности появился устойчивый спрос на специалистов разных категорий, имеющих опыт работы с сетями. Компании всё чаще привлекают специалистов, которые занимаются планированием, приобретением, установкой, эксплуатацией и управлением аппаратными и программными системами, лежащими в основе локальных и объединённых сетей. Современное компьютерное программирование не ограничивается задачами, которые решаются на отдельных компьютерах. Следовательно, программисты должны проектировать и реализовывать прикладное программное обеспечение, способное взаимодействовать с программным обеспечением, работающим на удалённых компьютерах.

В связи с этим студентам необходимо изучить и на практике освоить базовые средства для создания приложений, которые могли бы взаимодействовать в сети.

Цель настоящего учебно-методического пособия – помочь студентам теоретически и на практике, т.е. в формате лабораторных работ, освоить основные сетевые средства, начиная от самых низких уровней передачи данных, и заканчивая наивысшими уровнями прикладного программного обеспечения.

Все лабораторные работы в данном пособии имеют одинаковую структуру, состоящую из трех частей. В первой части приводятся теоретические сведения и необходимые методические указания. Достаточно сложный и объёмный теоретический материал представлен в краткой и понятной форме. Во второй части сформулированы задания в различных вариантах, а третья часть содержит контрольные вопросы, ответы на которые позволят студентам выделить в работе ключевые моменты и закрепить полученные знания и практические навыки.

В пособии также приведены список источников и приложения, содержащие рисунки и примеры реализации некоторых программ, написанных на языке C++.

Лабораторная работа № 1. Анализ структуры локальной сети ФПМИ

1. Цель работы

Выполнить анализ структуры локальной сети факультета ФПМИ и стека протоколов INTERNET. Подготовить личную страничку бригады для размещения отчетов по лабораторным работам.

2. Методические указания

Количество компьютеров, подключенных к глобальной Сети Интернет, измеряется миллионами (и это число постоянно растет); таким образом, Интернет создает глобальную коммуникацию, позволяя огромному числу пользователей обмениваться информацией, и использовать вычислительные ресурсы друг друга. Кроме того, в настоящее время происходит тесная интеграция Интернета с мобильными и беспроводными технологиями, что значительно расширяет круг его функций. Интернет представляет собой всемирную компьютерную сеть, то есть сеть, связывающую в единое целое миллионы вычислительных устройств, расположенных в разных уголках земного шара.

Компьютеры, подключенные к сети, маршрутизаторы и другие «компоненты» Интернета используют протоколы, осуществляющие управление приемом и передачей информации внутри Интернета. Наиболее важными протоколами в глобальной сети являются TCP (Transmission Control Protocol — протокол управления передачей) и IP (Internet Protocol — Интернет-протокол). Стек основных протоколов, использующихся в Интернете, известен под названием TCP/IP.

С точки зрения технологий и развития существование Интернета обеспечивается созданием, проверкой и внедрением Интернет - стандартов. Эти стандарты вырабатываются проблемной группой разработок для Интернета (Internet Engineering Task Force, IETF). Документы, создаваемые IETF, носят название RFC (Requests For Comments — обращения за разъяснениями). Изначально подобные документы предназначались для разрешения архитектурных проблем, возникавших в сетях-предшественницах Интернета. Со временем ситуация сложилась так, что, формально не обладая статусом стандарта, документы RFC стали стандартами де-факто. В настоящее время эти документы составляются весьма

точно и детально, описывая такие протоколы, как TCP, IP, HTTP (для web) и SMTP (для электронной почты). Существует более 6000 различных документов RFC.

Протокол определяет формат и очередность сообщений, которыми обмениваются два или более устройства, а также действия, выполняемые при передаче и/или приеме сообщений либо при наступлении иных событий. Протоколы очень широко используются как в компьютерных сетях вообще, так и в сети Интернет в частности.

2.1 Общая информация о протоколах сети Интернет

Как известно, протоколы, а, следовательно, и все сетевое программное и аппаратное обеспечение организованы в виде уровней. Каждый протокол относится к определенному уровню сетевой коммуникационной модели. Многоуровневая структура позволяет детально оценивать элементы большой и сложной системы, что уже является ее значительным достоинством. Кроме того, с использованием многоуровневой структуры легче модифицировать функции системы — для этого лишь нужно внести изменения в соответствующий уровень, при этом структурно-функциональная организация системы останется прежней.

Совокупность протоколов всех уровней коммуникационной модели называется стеком протоколов.

Снабжение каждого уровня коммуникационной модели собственным протоколом наряду с достоинствами имеет и несколько недостатков. Первый связан с нередко встречающейся ситуацией дублирования одних и тех же функций различными уровнями (например, контроль ошибок). Другой потенциальный недостаток заключается в том, что функциям одного уровня может понадобиться информация, хранящаяся на другом уровне (например, время). Это нарушает принцип изолированности уровней многоуровневой структуры.

Коммуникационная модель Интернета состоит из пяти уровней: физического, канального, сетевого, транспортного и прикладного. Вместо терминов «единица обмена сетевого уровня», «единица обмена канального уровня» используются специальные имена. Они приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Уровень	*Единица измерения*
Прикладной	Сообщение
Транспортный	Сегмент
Сетевой	Дейтаграмма/Пакет
Канальный	Кадр
Физический	Поток битов

Поддержка протоколов может быть аппаратной, программной или смешанной. Протоколы прикладного уровня, такие как HTTP и SMTP, а также протоколы транспортного уровня практически всегда поддерживаются программно. Напротив, протоколы физического и канального уровней, тесно связанные со средой передачи данных, поддерживаются аппаратно сетевой интерфейсной картой. Сетевой уровень, находящийся в центре коммуникационной модели, может поддерживаться как аппаратно, так и программно. Далее даны характеристики каждого из пяти уровней коммуникационной модели Интернета.

Прикладной уровень, как следует из его названия, предназначен для поддержки сетевых приложений. Имеется множество протоколов прикладного уровня, из которых наиболее важными являются HTTP (для путешествий по web-страницам), SMTP (для электронной почты) и FTP (для обмена файлами).

Главная функция **транспортного уровня** заключается в передаче сообщений прикладного уровня между клиентом и сервером. В Интернете существуют два транспортных протокола: TCP и UDP. Протокол TCP обеспечивает передачу с установлением логического соединения, то есть надежную передачу с контролем перегрузки. Протокол UDP обеспечивает передачу сообщений без установления логического соединения, то есть ненадежный вид связи, где допускаются искажения и потери данных.

Сетевой уровень обеспечивает передачу дейтаграмм между двумя хостами и базируется на двух основных протоколах. Первый протокол определяет поля дейтаграммы и интерпретацию их содержимого маршрутизаторами и оконечными системами. Этот протокол является единственным протоколом сетевого уровня в Интернете и имеет название IP. Вторым протоколом является один из многочисленных протоколов маршрутизации, предназначенных для определения путей

дейтаграмм от отправителя до адресата. Число протоколов маршрутизации огромно. Несмотря на функциональные различия между протоколом IP и протоколами маршрутизации, а также на широкое разнообразие последних, их обычно объединяют под общим именем IP, подчеркивая этим их связующую роль в организации глобальной Сети.

Протокол транспортного уровня (TCP или UDP) передает сегмент и адрес назначения протоколу IP сетевого уровня подобно тому, как вы опускаете письмо в почтовый ящик, а протокол IP сетевого уровня доставляет сегмент конечному хосту и передает его обратно транспортному уровню.

Сетевой уровень обеспечивает передачу пакета через серию маршрутизаторов между оконечными системами. Для перемещения пакета (дейтаграммы) от одного узла к другому сетевой уровень прибегает к службам канального уровня. Таким образом, основная функция канального уровня заключается в передаче дейтаграмм между узлами на маршруте.

Канальный уровень использует специальный протокол, ориентированный на используемую линию связи. Иногда протоколы канального уровня обеспечивают надежную передачу между узлами. Обратите внимание на различие надежной передачи на транспортном и канальном уровне: протокол TCP обеспечивает надежность на всем пути следования сообщения, а протокол канального уровня — лишь между парой узлов. К протоколам канального уровня относятся Ethernet и PPP; иногда аналогичные функции несут технологии асинхронной передачи данных (ATM) и ретрансляции кадров. Поскольку путь от отправителя до адресата обычно состоит из цепочки разнородных линий связи, передача дейтаграммы может осуществляться различными канальными протоколами.

Если назначением канального уровня является передача кадров между соседними узлами сети, то **физический уровень** обеспечивает передачу между узлами отдельных битов информации. Протоколы физического уровня также напрямую зависят от использующейся линии связи (медной витой пары, одномодового оптоволокна и т. п.). Технология Ethernet поддерживает множество протоколов физического уровня, предназначенных для поддержки витой пары,

коаксиального кабеля, оптоволоконного кабеля и некоторых других видов линий. В каждой из линий связи механизмы передачи бита различны.

2.2 Сетевое оборудование

Основными компонентами сети являются рабочие станции, серверы, передающие среды (кабели) и сетевое оборудование. **Рабочими станциями** называются компьютеры сети, на которых пользователями сети реализуются прикладные задачи. **Серверы сети** - это аппаратно-программные системы, выполняющие функции управления распределением сетевых ресурсов общего доступа. Сервером может быть любой подключенный к сети компьютер, на котором находятся ресурсы, используемые другими устройствами локальной сети. В качестве аппаратной части сервера используется достаточно мощные компьютеры.

Выделяют следующие виды сетевого оборудования.

Сетевые карты – это контроллеры, подключаемые в слоты расширения материнской платы компьютера, предназначенные для передачи сигналов в сеть и приема сигналов из сети.

Терминаторы - это резисторы номиналом 50 Ом, которые производят затухание сигнала на концах сегмента сети.

Повторители (репитер, от англ. repeater) — сетевое оборудование, работающее в физических сегментах сети и предназначенное для увеличения расстояния сетевого соединения путём усиления и восстановления формы входного электрического сигнала . В терминах модели OSI повторители работают на физическом уровне и имеют два порта. Они не распознают MAC - адреса и поэтому не могут использоваться для уменьшения трафика. В настоящее время эти устройства не используются.

Концентраторы (Hub) – это центральные устройства кабельной системы или сети физической топологии "звезда". Концентраторы работают в физических сегментах сети и при получении кадра на один порт пересылают его на все остальные. В результате получается сеть с логической структурой общей шины. Концентратор по сути является многопортовым повторителем. Основные отличия концентратора от повторителя – это возможность объединять сег-

менты сетей с разной физической средой (например, коаксиальный кабель и витая пара) и автоматическое отключение портов при возникновении на них ошибок.

Мосты (Bridge) – устройства сети, которые работают на канальном уровне, работая с логическими сегментами сети, и передают кадры между несколькими отдельными сегментами сети, ограниченными своей физической длиной. Это позволяет расширить максимальный размер сети, одновременно не нарушая ограничений на максимальную длину кабеля, количество подключенных к сегменту устройств. Применение мостов сокращает сетевой трафик за счет того, что пришедший кадр анализируется для выяснения MAC-адреса его получателя и передается только ему. Мосты также усиливают и конвертируют сигналы для кабеля другого типа.

Коммутаторы (Switch) – это мост, у которого каждый порт управляется собственным микропроцессором, за счет чего резко увеличивается производительность устройства. Коммутатор имеет встроенную память и может одновременно обрабатывать несколько кадров. Если по какой-то причине нужный порт в данный момент времени занят, то кадр помещается в память и ожидает своей очереди. Построенные с помощью коммутаторов сети могут охватывать большое число компьютеров и иметь протяженность в несколько километров.

Маршрутизаторы (Router) – стандартные устройства сети, работающие на сетевом уровне, и позволяющие переадресовывать и маршрутизировать пакеты из одной сети в другую, а также фильтровать широковещательные сообщения. Маршрутизация проводится на основе анализа сетевых IP-адресов, которые содержатся в каждом принятом пакете или дейтаграмме.

Шлюзы (Gateway) - программно-аппаратные комплексы, соединяющие разнородные сети или сетевые устройства. Шлюзы позволяет решать проблемы различия протоколов или систем адресации. Они действует на сеансовом, представительском и прикладном уровнях модели OSI.

Мультиплексоры – это устройства центрального офиса, которое поддерживают несколько сотен цифровых абонентских линий. Мультиплексоры посылают и получают абонентские данные по низкоскоростным линиям связи,

концентрируя весь трафик в одном высокоскоростном канале для передачи в Internet или в сеть компании.

Межсетевые экраны (firewall, брандмауэры) - это сетевые устройства, реализующие контроль за поступающей в локальную сеть и выходящей из нее информацией и обеспечивающие защиту локальной сети посредством фильтрации информации.

На рис.1.1 приведена схема расположения основных коммуникационных устройств по уровням модели OSI. (Про OSI еще не говорили !). В правой части рисунка приведены уровни OSI, в нижней части рисунка – рабочая область устройства (физические или логические сегменты, сети и интерсети). Для определения уровня OSI, на котором работает устройство, необходимо найти его рабочую область. Например, для коммутатора рабочей областью являются логические сегменты, поэтому он работает на канальном уровне модели OSI.

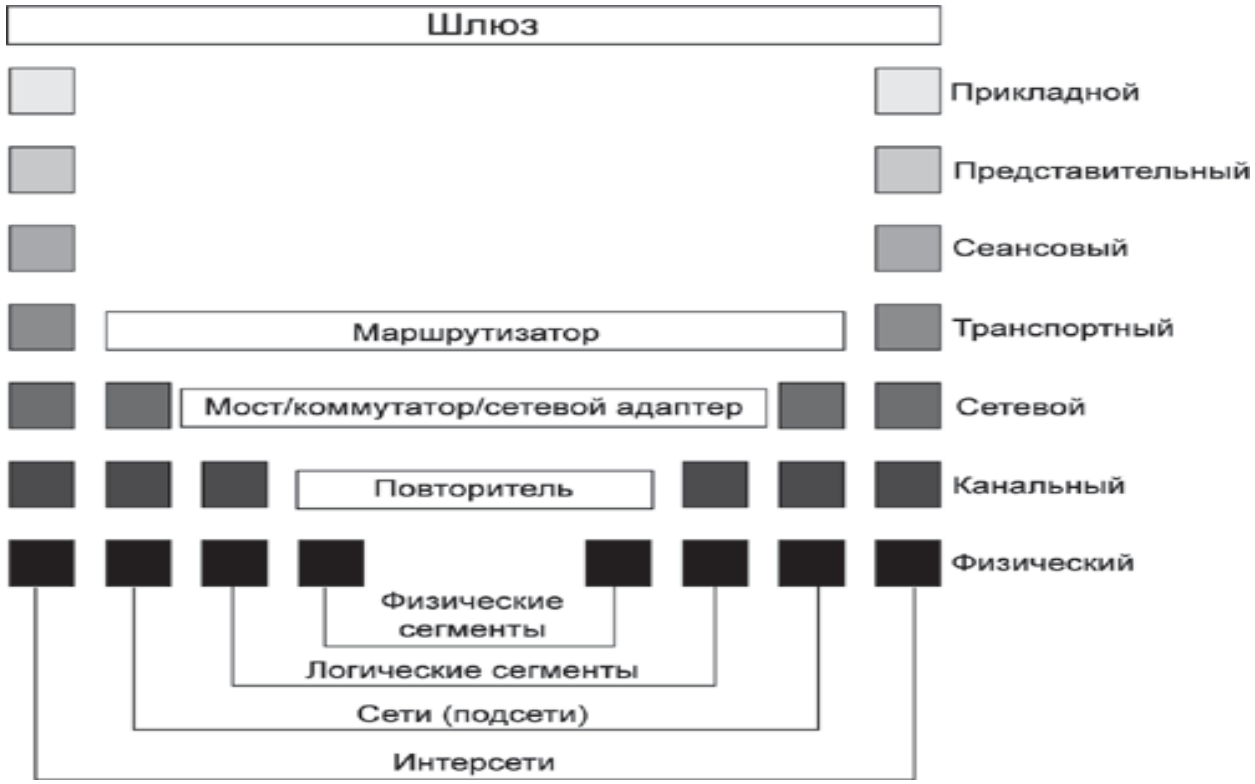


Рис.1.1. Соответствие функций различных коммуникационных устройств уровням модели OSI. (Рисунок переделать или убрать!)

2.3 Физическая среда передачи

Физические среды можно разделить на два типа: проводные и беспроводные. Проводные среды передачи предполагают, наличие твердотельного про-

водника и включают оптоволоконный кабель, медную витую пару и коаксиальный кабель. В беспроводной среде передача осуществляется без участия твердых проводников; этот тип среды используется в беспроводных локальных сетях и в спутниковой связи.

Медная витая пара является самым дешевым и наиболее популярным видом кабелей. На протяжении более чем 100 лет витая пара активно используется в телефонных сетях. Можно смело утверждать, что более 99% всех кабелей, соединяющих абонентов с телефонными коммутаторами, являются медными витыми парами. Многие могли видеть эти кабели у себя дома или на работе. Витая пара состоит из двух изолированных медных проводов толщиной 1 мм, заключенных в спиральную оболочку. Внутри оболочки провода переплетены друг с другом, чтобы снизить уровень электрических помех, возникающих между парой проводников. Обычно перед помещением пар внутрь кабеля их снабжают дополнительными защитными экранами.

Неэкранированная витая пара (Unshielded Twisted Pair, UTP), как правило, используется в офисных локальных сетях, расположенных в одном здании. Скорость передачи данных в такой среде варьируется от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с и определяется толщиной провода и расстоянием между обменивающимися сторонами. В локальных сетях обычно используется два типа неэкранированных витых пар: витая пара категории 3 и витая пара категории 5. Первая относится к голосовым линиям связи и характерна для офисов. Как правило, в офисах прокладывают две независимые витые пары, из которых одна используется для телефонной связи, а другая — для дополнительных телефонных соединений и локальной сети. В частности, в широко распространенной технологии Ethernet 10 Мбит/с применяют неэкранированную витую пару категории 3. Витая пара категории 5 имеет большее число витков на дюйм, а также снабжена тефлоновой изоляцией, что позволяет обеспечить более высокие скорости передачи данных. В последние годы получила распространение технология Ethernet 100 Мбит/с, в которой используется витая пара категории 5.

Коаксиальный кабель, как и витая пара, состоит из двух медных проводников, однако эти проводники, в отличие от витой пары, расположены не парал-

лельно, а концентрически (коаксиально). С применением особых видов изоляции и экранирования коаксиальный кабель позволяет добиться более высоких скоростей передачи данных, чем витая пара. Коаксиальные кабели делятся на два вида: с немодулируемой передачей и с модулируемой передачей.

Коаксиальный кабель с немодулируемой передачей имеет сопротивление 50 Ом и толщину около 1 см; к его несомненным физическим достоинствам можно отнести легкость и гибкость. Этот тип кабеля часто применяется в локальных сетях наряду с неэкранированной витой парой. Термин «с немодулируемой передачей» означает, что битовый поток поступает в кабель без частотной модуляции. Хотя коаксиальный кабель может применяться в технологии Ethernet 10 Мбит/с, почти для всех новых реализаций Ethernet характерна неэкранированная витая пара.

Коаксиальный кабель с модулируемой передачей обладает сопротивлением 75 Ом и имеет большую толщину, вес и меньшую гибкость по сравнению с кабелем с немодулируемой передачей. Часто кабель с модулируемой передачей используют в системах кабельного телевидения. Оба вида кабеля (с немодулируемой и с модулируемой передачей) относятся к классу разделяемых проводных сред передачи данных. Другими словами, информация, передаваемая или принимаемая одной системой, принимается всеми системами, подключенными к кабелю.

Оптоволоконная среда передачи представляет собой тонкий и гибкий кабель, внутри которого распространяются световые импульсы, несущие информацию о передаваемых битах. Даже простой оптоволоконный кабель способен передавать данные на огромных скоростях в десятки и даже сотни гигабит в секунду. Оптоволоконные линии не подвержены электрическим наводкам, имеют очень низкий уровень ослабления сигнала на единицу протяженности и обладают значительной устойчивостью к механическим воздействиям. Однако высокая стоимость оптических устройств (маршрутизаторов, приемников и передатчиков) делает нецелесообразным (по экономическим причинам) применение оптоволоконных линий связи для передачи на короткие расстояния, например, в локальных офисных сетях или для резидентного домашнего доступа.

Радиоканалы передают сигналы с помощью электромагнитных волн радиодиапазона. Их достоинство заключается в том, что для связи не требуется твердотельного проводника сигналов (следовательно, нет необходимости в его прокладке), то есть пользователь может быть мобильным, есть потенциал в увеличении расстояния передачи. Характеристики радиоканала зависят от среды передачи радиоволн и расстояния между оконечными системами. К факторам среды передачи относятся затухание сигнала вследствие распространения в среде, прохождения через поглощающие предметы, взаимодействия с отраженными электромагнитными волнами, а также волнами, исходящими от других источников излучения.

Спутник связи организует взаимодействие между двумя или более наземными приемопередатчиками. Он принимает сигналы одного частотного диапазона, производит их регенерацию с помощью повторителя, а затем передает сигналы в другом частотном диапазоне. Скорость обмена данными, обеспечиваемая спутниковыми каналами, составляет несколько гигабит в секунду. Существуют два типа спутников: геостационарные и низкоорбитальные.

2.4 Определение адресов и маршрутов передачи данных между узлами сети

Для определения адресов узлов сети и маршрутов передачи данных между ними необходимо использовать сетевые команды ОС, представленные в таблице 1.2

Таблица 1.2

ОС	Команда	Пример	Назначение
Linux	ifconfig	ifconfig	Вывод характеристик сетевых интерфейсов текущего узла, включая IP- и MAC-адреса
	traceroute имя_узла	traceroute 192.168.130.5	Вывод маршрута передачи пакетов от текущего узла сети к другому узлу. Для каждого промежуточного узла выводятся его символьное имя и IP-адрес.
Windows	ipconfig	ipconfig /all	Аналогично команде ifconfig
	tracert имя_узла	tracert 217.71.130.131	Аналогично команде traceroute

2.5 Локальная сеть факультета ФПМИ

На рис. 1.3 представлена структура локальной сети ФПМИ.

3. Задание к лабораторной работе

1. Создать две HTML- страницы на сервере **fpm2.ami.nstu.ru** для размещения отчетов о выполненных лабораторных работах. Главная страница должна содержать информацию о членах бригады и список дисциплин, изучаемых в текущем семестре. Каждый элемент списка является ссылкой на страницу соответствующей дисциплины.

Вторая страница должна содержать список выполняемых лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные сети», оформленный в виде ссылок на текстовые документы с отчетами с указанием даты их размещения.

Один из простейших вариантов создания собственных страниц на WEB – сайте для размещения отчетов по лабораторным работам:

- войти через **putty** на сервер fpm2.ami.nstu.ru под бригадным логином и выполнить команду: **chmod -R 755 ~**
- создать в домашнем каталоге подкаталог с именем **public_html,** в который записать файл **index.html**, содержащий описание главной страницы на языке HTML;
- теперь содержимое файла **index.html** будет доступно по адресу следующего вида: http://fpm2.ami.nstu.ru/~ваш бригадный логин. Например, если логин Вашей бригады «pm7103», то по адресу : http://fpm2.ami.nstu.ru/~pm7103 браузер откроет Вашу начальную страницу **index.html** .

2. Выполнить анализ структуры локальной сети факультета по следующим пунктам:

- какие сетевые устройства используются в сети;
- какие линии связи используются в локальной сети факультета;
- схема соединения Вашего компьютера (ПК*i)* с сервером fpm2;
- структура сетевого программного обеспечения согласно модели OSI на каждом узле схемы соединения ПК*i* с сервером fpm2.

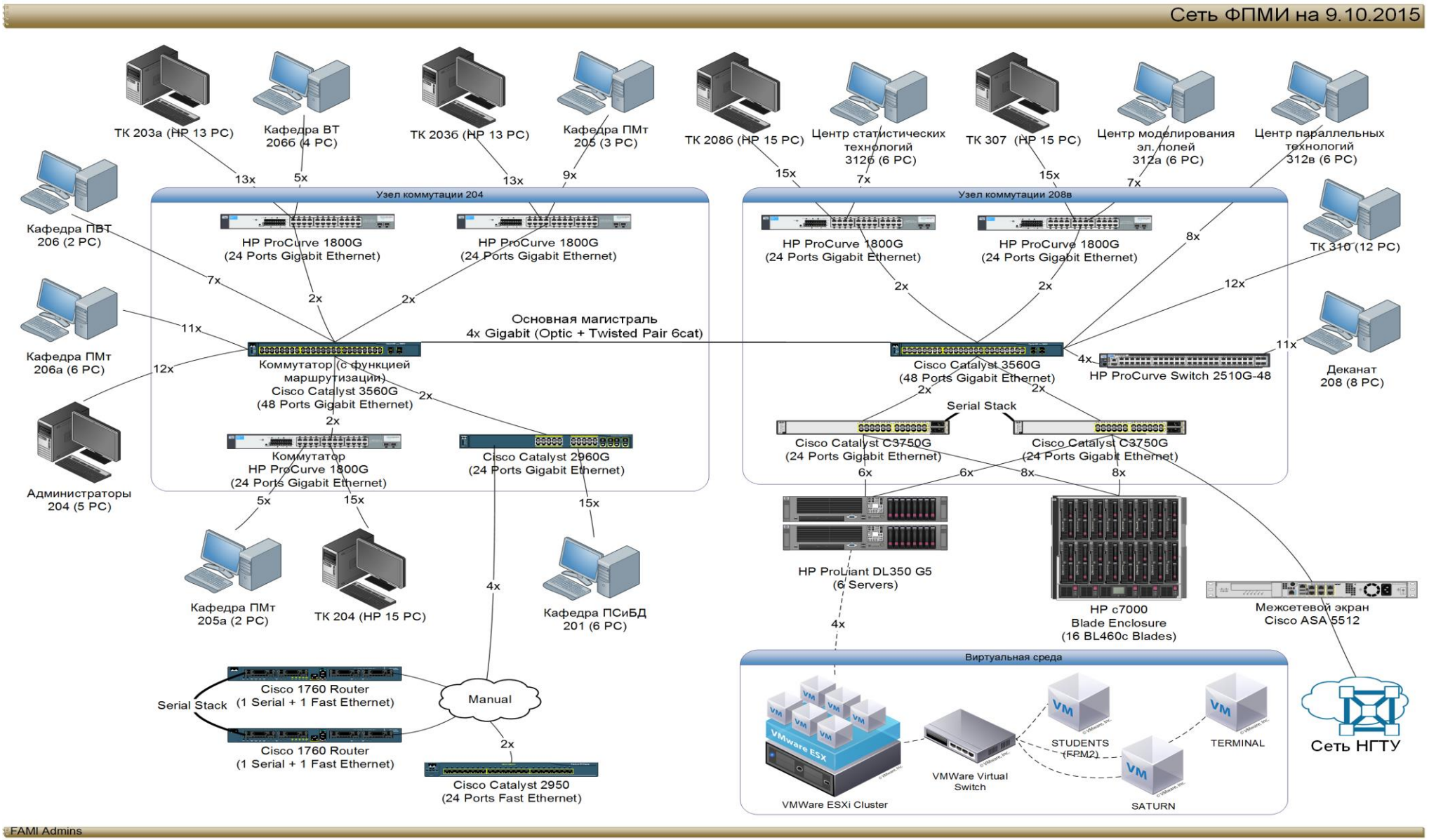

Сеть ФПМИ на 9.10.2015
ТК 203а (НР 13 PC)
Кафедра ВТ
2066 (4 PC)
ТК 203б (НР 13 PC)
Кафедра ПМт
205 (3 PC)
ТК 208б (НР 15 PC)
Центр статистических технологий
312б (6 PC)
ТК 307 (НР 15 PC)
Центр моделирования эл. полей
312а (6 PC)
Центр параллельных технологий
312в (6 PC)
Кафедра ПВТ
206 (2 PC)
Узел коммутации 204
HP ProCurve 1800G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
HP ProCurve 1800G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
Узел коммутации 208в
HP ProCurve 1800G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
HP ProCurve 1800G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
ТК 310 (12 PC)
Кафедра ПМт
206а (6 PC)
Основная магистраль
4x Gigabit (Optic + Twisted Pair 6cat)
Коммутатор (с функцией маршрутизации)
Cisco Catalyst 3560G
(48 Ports Gigabit Ethernet)
Cisco Catalyst 3560G
(48 Ports Gigabit Ethernet)
HP ProCurve Switch 2510G-48
Деканат
208 (8 PC)
Администраторы
204 (5 PC)
Коммутатор
HP ProCurve 1800G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
Cisco Catalyst 2960G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
Serial Stack
Cisco Catalyst C3750G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
Cisco Catalyst C3750G
(24 Ports Gigabit Ethernet)
HP ProLiant DL350 G5
(6 Servers)
HP c7000
Blade Enclosure
(16 BL460c Blades)
Межсетевой экран
Cisco ASA 5512
Кафедра ПМт
205а (2 PC)
ТК 204 (НР 15 PC)
Кафедра ПСиБД
201 (6 PC)
Виртуальная среда
Cisco 1760 Router
(1 Serial + 1 Fast Ethernet)
Serial Stack
Manual
Cisco 1760 Router
(1 Serial + 1 Fast Ethernet)
Cisco Catalyst 2950
(24 Ports Fast Ethernet)
VMWare ESXi Cluster
VMWare Virtual Switch
STUDENTS (FPM2)
SATURN
TERMINAL
Сеть НГТУ
FAMI Admins

Рис. 1.2

3. Найти IP и MAC-адреса Вашего компьютера ПК*i* и сервера fpm2. Обратите внимание на то, что у одного компьютера могут быть несколько сетевых интерфейсов, каждый из которых имеет собственные параметры.

4. Выполнить трассировку маршрута передачи пакетов от ПК*i* до сервера fpm2 и в обратном направлении, найти количество промежуточных узлов и их IP-адреса. Поясните причину различия IP-адресов промежуточного узлов при прямой и обратной трассировках.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения сетевого протокола. Зачем он нужен?
2. Какой стек протоколов используется в сети Internet?
3. В чем преимущества и недостатки многоуровневой организации системы?
4. Назовите виды единиц обмена информацией разных уровней в архитектуре протоколов.
5. Перечислите уровни стека протоколов Internet и назовите их основные функции.
6. Перечислите известные вам виды сетевого оборудования и объясните, для чего они используются.
7. Перечислите виды физических сред передачи данных и их особенности.
8. В чем состоит принцип взаимодействия прикладной программы с системным программным обеспечением
9. На каком уровне модели OSI работают коммутатор и шлюз.
10. Поясните этапы создания web- страниц.

Лабораторная работа № 2. Технология клиент-сервер: эхо-повтор.

1. Цель работы

Изучить основные принципы разработки клиент-серверных приложений на примере простейшей однопользовательской программы.

1. Методические указания

2.1 Общие сведения

Модель, которая предусматривает, что прикладная программа должна пассивно ждать, пока другое приложение не инициирует связь, широко применяется в распределенных вычислениях и носит название – взаимодействие по принципу клиент/сервер. Приложение, которое активно инициирует контакт, называется клиентом, а приложение, которое пассивно ожидает контакта, называется сервером.

Большинство реализаций приложений клиент/серверной технологии характеризуются следующими общими особенностями:

а) клиентская программа:

- представляет собой произвольную прикладную программу, которая становится клиентом на время, когда ей требуется удаленный доступ, но выполняет также другие локальные действия;
- вызывается непосредственно пользователем и действует на протяжении только одного сеанса;
- функционирует локально на персональном компьютере пользователя;
- активно инициирует контакт с сервером;
- может обращаться по мере необходимости к нескольким службам, но в определенный момент времени активно контактирует только с одним удаленным сервером;
- не требует специальных аппаратных средств или сложной операционной системы.

б) серверная программа:

- представляет собой программу специального назначения, которая выделена для предоставления одной службы, но может обслуживать нескольких удаленных клиентов одновременно;
- вызывается автоматически во время начальной загрузки системы и продолжает работать, проводя один сеанс взаимодействия за другим;
- выполняется на компьютере, предоставленном в общее пользование;
- пассивно ожидает поступления запросов на установление соединения от удаленных клиентов;
- принимает запросы от клиентов, но предоставляет единственную службу;
- требует применения мощных аппаратных средств и сложной операционной системы.

В процессе обмена данными между большинством приложений Internet выполняется одна и та же последовательность операций.

- запускается на выполнение серверное приложение, которое ожидает от клиента запроса на установление соединения;
- клиент обращается к серверу, указывая его местонахождение и передавая требование приступить к обмену данными;
- клиент и сервер обмениваются сообщениями;
- после завершения передачи данных и клиент, и сервер сообщают о том, что достигнут конец файла, чтобы прекратить обмен данными.

Общая схема взаимодействия клиента и сервера приведена на рис. 2.1. Взаимодействие на транспортном уровне может происходить с использованием различных протоколов. Наиболее распространенными протоколами являются TCP и UDP.

Протокол TCP является протоколом, поддерживающим надежную передачу потока данных с предварительным установлением связи между источником информации и ее получателем. На его основе реализованы такие протоколы уровня приложений, как Telneat, FTP, HTTP. Протокол характеризуется следующими особенностями:

- перед фактической передачей данных необходимо установление связи, т.е. отправка запроса на начало сеанса передачи данных источником и подтверждение его получателем;

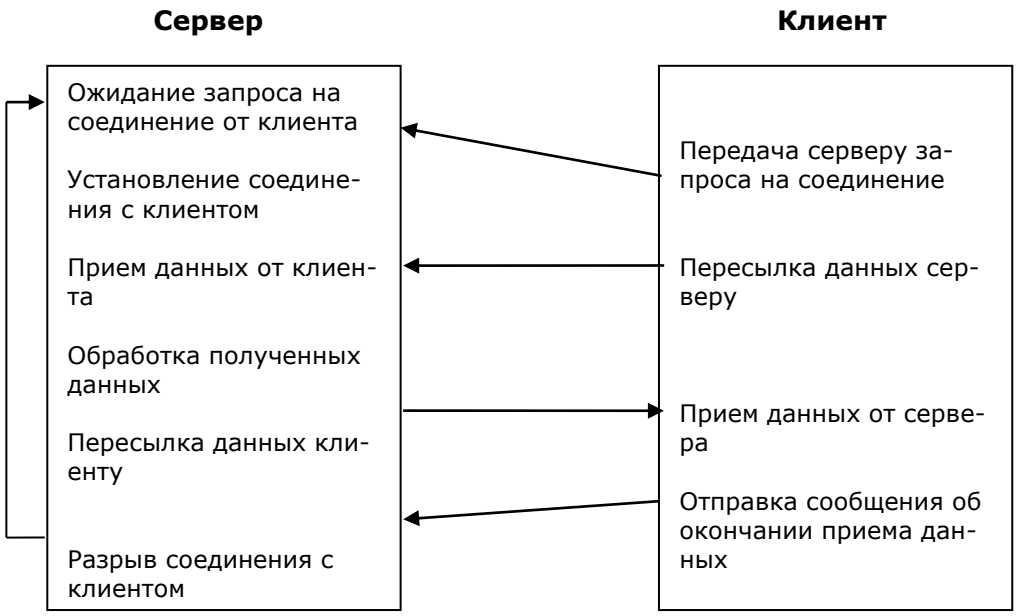


Рис.2.1 Взаимодействие клиента и сервера

- после обмена данными сеанс передачи должен быть явно завершен;
- доставка информации является надежной, не допускающей дублирования или нарушения очередности получения данных;
- возможность управления потоком данных для исключения переполнения и затора.

Эти возможности позволяют протоколам верхнего уровня и приложениям, их реализующим, не заботиться о надежности и последовательности доставки данных. Поэтому протоколы приложений, использующих TCP, могут быть значительно упрощены. Но это, в свою очередь, ведет к усложнению самого протокола TCP и к возрастанию накладных расходов при передаче данных.

Протокол UDP обеспечивает логический коммуникационный канал между источником и получателем данных без предварительного установления связи. Для передачи датаграмм UDP используют протокол IP, который также не обеспечивает надежность передачи данных. Поэтому приложения, использующие данный протокол должны самостоятельно отслеживать надежность доставки, например, путем обмена подтверждениями и повторной передачей недоставленных сообщений.

Протокол UDP используют такие протоколы уровня приложений, как протокол взаимодействия с сервером доменных имен DNS, протокол удаленного копирования Trivial FTP, удаленный вызов процедур RPC. Передача данных с помощью UDP вносит гораздо меньшие накладные расходы по сравнению с протоколом TCP.

Для организации взаимодействия сетевые приложения используют специальные объекты – сокеты, представляющие собой конечные точки логического соединения клиента и сервера. Сокеты работают на транспортном уровне модели OSI и позволяют скрыть от программиста все проблемы, решаемые на сетевом, канальном и физическом уровнях. Достаточно только создать сокет, правильно установить его параметры и корректно применять все методы, предоставляемые специальным API-интерфейсом (например, WinSock32).

Основными параметрами сокета являются IP-адрес и номер порта, причем для стандартных протоколов Internet зарезервированы номера портов в диапазоне (0 – 1023), а для разработчиков доступны номера, начиная с 1024. Комбинация IP адреса и номера порта однозначно определяет отдельный сетевой процесс во всей глобальной сети Internet.

Для создания соединения TCP/IP необходимы два сокета – один на локальной машине, а другой на удаленной. Таким образом, каждое сетевое соединение идентифицируется IP-адресом и портом на локальной машине, IP-адресом и портом на удаленной машине.

Работа с сокетами может проводиться на основе библиотек высокого или низкого уровней. Применение библиотек высокого уровня существенно упрощает работу программиста, но снижает уровень понимания всех этапов организации сетевого взаимодействия процессов. В лабораторной работе рекомендуется использовать API-интерфейс низкого уровня.

2.2 Функции для работы с сокетами

2.2.1 Функция **socket**

Функция socket создает объект типа сокет и возвращает его дескриптор:

```
s = socket(af, type, [protocol]);
```

Параметр *af* задает имя коммуникационного домена, используемого сокетом, и может принимать значения AF_INET для домена Internet или AF_UNIX для домена UNIX. Коммуникационный домен определяет систему адресации соединений: для домена Internet адрес записывается в виде IP-адреса и номера порта, а домен UNIX использует файловую систему как адресное пространство имен для организации

межпроцессного обмена данными на локальном компьютере. Далее будем рассматривать только сокеты, работающие в домене Internet.

Параметр *type*, указывает тип связи, который будет использоваться в сокете. Наиболее распространенными типами являются потоковая передача с установлением логического соединения (значение SOCK_STREAM) и блочная передача без установления логического соединения (значение SOCK_DGRAM).

Необязательный параметр *protocol* определяет тип транспортного протокола и для Internet-домена может принимать значения IPPROTO_TCP или IPPROTO_UDP.

2.2.2 Функция **bind**

Сразу после создания сокет ассоциируется с некоторым семейством адресов, но не с конкретным адресом. Под адресом здесь и далее мы будем понимать адресную информацию, принятую в коммуникационном домене. Для сокетов, работающих в Internet-домене, адрес представляется парой (*host, port*), где *host* указывает IP-адрес хоста, а *port* – номер порта. Для UNIX-домена адрес указывается в виде константы SOCKET_FILE.

Для привязки сокета к конкретному адресу применяется функция bind:

```
retVal = bind(s, (LPSOCKADDR)&sin, sizeof(sin));
```

Здесь s – дескриптор сокета, (LPSOCKADDR)&sin – адрес структуры sin, в которой задается конкретный адрес привязки, sizeof(sin) – размер структуры sin.

Структура имеет тип SOCKADDR_IN и описывается следующим образом:

```
SOCKADDR_IN sin;
sin.sin_family = AF_INET;
sin.sin_port = htons(port);
sin.sin_addr.s_addr = host;
```

Имя хоста может задаваться в виде доменного имени (например, ‘localhost’) или в виде IP-адреса.

2.2.3 Функция **listen**

После привязки сокета к адресу сервер переводится в режим прослушивания порта и ожидания запросов на установление соединения от клиентов. Для этого сервер вызывает функция listen, принимающая два параметра – дескриптор сокета и максимальный размер очереди запросов на соединение:

```
retVal = listen(s, queuesize);
```

2.2.4 Функция **accept**

Обработка очереди запросов проводится функцией accept:

S_client = accept(s, (struct sockaddr*)&from, &fromlen)

Здесь s – дескриптор слушающего сокета, (struct sockaddr*)&from – структура, содержащая адресную информацию о клиенте, &fromlen – размер структуры from. Функция создает новый сокет, через который будет проводиться обмен данными с клиентом и возвращает его дескриптор S_client. При этом слушающий сокет сервера по прежнему работает в режиме прослушивания порта для получения новых запросов на соединение от клиентов.

2.2.5 Функция **connect**

В клиентских программах для установления соединения с сервером применяется функция connect, которой передаются следующие параметры: clientSock – дескриптор сокета клиента, (LPSOCKADDR)&serverInfo – структура, аналогичная описанной в разделе 2.3.2 и содержащая адрес сервера, sizeof(serverInfo) – размер этой структуры:

retVal=connect(clientSock,(LPSOCKADDR)&serverInfo, sizeof(serverInfo))

Если сокет не был связан с адресом, то connect автоматически вызовет системную функцию bind.

2.2.6 Функции **send** и **sendto**

Функции send и sendto используются для передачи данных. Если сокет подключен, для передачи данных применяется функция send, которая имеет следующие параметры: s – дескриптор сокета, через который проводится передача; pBuf и strlen(pBuf) – имя и размер буфера, содержащего данные, flags – список специальных констант, с помощью которых можно запрашивать специальные опции.

retVal = send(s, pBuf, strlen(pBuf), flags)

Функция sendto позволяет передавать сообщение с использованием неподключенного сокета. Параметры этой функции совпадают с параметрами функции send, к которым добавляется адрес получателя:

rv = sendto(s,pBuf,strlen(pBuf),flags,(LPSOCKADDR)&serverInfo, sizeof(serverInfo))

Обе функции возвращают количество переданных байтов.

2.2.7 Функции **recv** и **recvfrom**

Функции recv и recvfrom используются для приема данных. Для приема данных из подключенного сокета используется функция recv:

```
retVal = recv(s, pBuf, strlen(pBuf), flags)
```

Здесь s – дескриптор сокета, из которого читаются данные; pBuf и strlen(pBuf) – имя и размер буфера для приема данных, flags – список специальных констант, с помощью которых можно запрашивать специальные опции.

Функция recvfrom дает возможность прочитать данные из сокета с указанным адресом

```
rv = recvfrom (s,pBuf,strlen(pBuf),flags,(LPSOCKADDR)&serverInfo, sizeof(serverInfo))
```

Необязательный параметр flags аналогичен этому же параметру методов send и sendto. Обе функции возвращают количество принятых байтов.

2.2.8 Функция **close**

Функция close сообщает операционной системе, что программа завершила использование сокета. Вызов имеет форму:

```
closeSocket(s)
```

Схема взаимодействия сервера с клиентом через интерфейс сокетов приведена на рисунке 2.2.

3. Задание к лабораторной работе

3.1 Общие требования

Написать простейшее приложение с одним сервером и одним клиентом, используя API-интерфейс низкого уровня. Пример реализации интерфейса приведен в приложении 1.

Запуск сервера происходит с указанием номера порта протокола TCP или UDP из диапазона возможных номеров. Каждая бригада создает свой сервер с номером порта, определяемым по правилу: номер бригады + 2000. Сервер начинает свою работу с ожидания запроса от клиента на соединение.

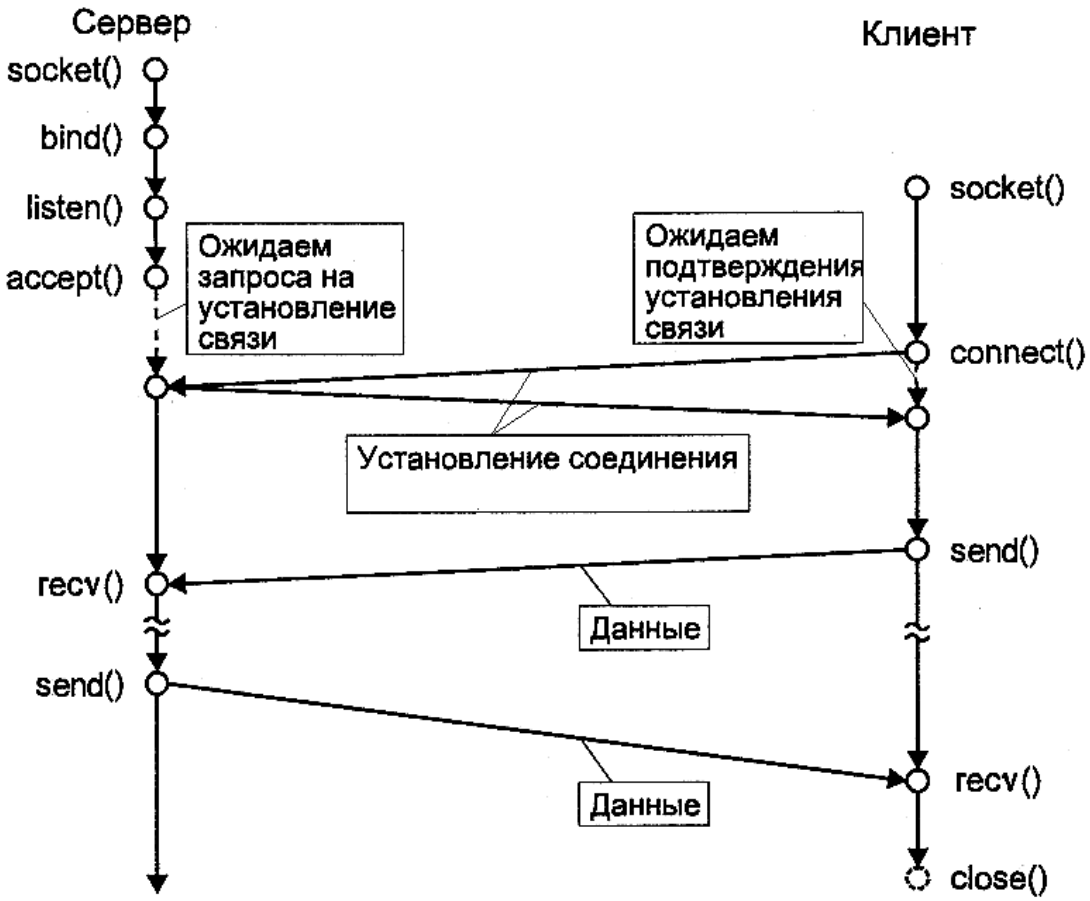


Рис.2.2 Схема установления связи и передачи данных между клиентом и сервером

Рис. 2.2 Взаимодействие сервера с клиентом через интерфейс сокетов

Запуск клиента происходит с указанием ему IP-адреса и номера порта сервера. Клиент устанавливает связь с сервером и посылает набор данных, введенный пользователем, на сервер. Сервер получает набор данных, выполняет указанные в варианте действия, возвращает клиенту результат и снова переходит в состояние ожидания запроса на соединение. Клиент, получив ответ с сервера, выводит его на экран и прекращает свою работу.

Тестирование совместной работы сервера и клиента необходимо провести в режиме удаленного доступа.

3.2 Варианты заданий

1. Клиент пересылает серверу данные (строки текста). Сервер возвращает клиенту полученные данные, включив в конец каждого предложения количество символов в нем.

2. Клиент пересылает серверу данные (строки текста). Сервер изменяет порядок следования букв в полученном тексте на обратный и отправляет текст в таком виде клиенту.

3. Клиент пересылает серверу данные (строки текста). Сервер в полученном тексте в конец каждого предложения вставляет свой IP-адрес и номер порта и возвращает в таком виде данные клиенту.

4. Клиент пересылает серверу данные (строки текста). Сервер создает файл с уникальным именем, записывает в него полученные от клиента данные и в качестве результата обработки данных отправляет клиенту имя созданного файла. После получения ответа с сервера клиент выводит на экран содержимое указанного сервером файла.

5. Клиент пересылает серверу данные (строку и имя директории). Сервер находит все файлы в заданной директории, содержащие указанную строку, и высылает их имена клиенту.

6. Клиент пересылает серверу имя некоторого файла. Сервер находит файл с указанным именем и пересылает его содержимое клиенту, либо сообщает клиенту, что файл с данным именем не найден.

7. Клиент пересылает серверу данные (имя директории). Сервер возвращает список файлов и поддиректорий данной директории (рекурсивно).

8. Клиент пересылает серверу два числа. Сервер возвращает сумму полученных чисел.

4. Контрольные вопросы

1. Что представляет собой модель клиент-сервер?

2. Приведите общие особенности клиентских программ.

3. Приведите общие особенности серверных программ.

4. Приведите общую схему клиент-серверного взаимодействия.

5. В чем отличие взаимодействия клиента с сервером при использовании протоколов TCP и UDP? В чем преимущества и недостатки каждого из протоколов?

6. Что такое сокет? Какие виды сокетов вам известны?

7. Опишите основные методы работы с сокетами.

8. Приведите схему взаимодействия клиента с сервером при использовании механизма сокетов

Лабораторная работа № 3. Разработка приложения интерактивной переписки

1. Цель работы

Изучить основные принципы разработки многопользовательских приложений, построенных на основе технологии клиент-сервер с использованием стека протоколов TCP/IP.

2. Методические указания

В лабораторной работе № 2 было реализовано простое удаленное взаимодействие, в котором участвовали один клиент и один сервер. В данной лабораторной работе необходимо изменить программы таким образом, чтобы сервер мог осуществлять взаимодействие с несколькими клиентами одновременно.

2.1 Схема работы chat-сервера и chat-клиента

Работа *сервера* начинается с перехода в состояние ожидания запроса на установление соединения от клиента. Затем сервер входит в цикл, в котором он получает и отображает строки текста от клиентов.

Работа *клиентской программы* начинается с передачи серверу запроса на установление соединения. После установления соединения клиент также входит в цикл. При каждом проходе по циклу клиент выдает локальному пользователю приглашение к вводу строки текста, считывает строку, введенную с клавиатуры, отправляет ее на сервер, а затем получает и отображает строку текста, полученную с сервера. Схема взаимодействия Chat-сервера с клиентами приведена на рис.3.1.

2.2 Основные сведения о потоках выполнения

Сервер должен обслуживать одновременно несколько клиентов, создавая для каждого из них отдельный сокет. При этом возможны два варианта обработки поступающих на сервер запросов:

- применить неблокирующие сокеты и читать в цикле данные из каждого сокета по очереди,
- для каждого клиента запускать отдельный поток выполнения, который будет заниматься обменом сообщениями с клиентом.

С точки зрения производительности сервера более предпочтительным является второй вариант, потому рассмотрим основные сведения о многопоточном режиме выполнения программ.

Любой процесс, создаваемый операционной системой (ОС), представляет собой набор команд программы, запускаемой пользователем, и метаданных, представленных набором выделенных системных ресурсов и общих сведений о запускаемой программе. В качестве ресурсов выступают адресное пространство, глобальные переменные и открытые файлы. Общими сведениями являются идентификаторы текущего, родительского и дочерних процессов, а также идентификаторы владельца процесса и группы, членом которой является владелец.

Поток выполнения – это поименованный набор команд программы, который является минимальной единицей управления для ядра ОС и создается в рамках процесса. Многозадачный режим обработки программ ОС реализует путем переключения процессора между готовыми к выполнению потоками.

В однопоточном приложении есть только один поток выполнения команд и при запуске программы все команды исполняются последовательно с учетом возможных ветвлений и циклов. В этом случае поток выполнения непрерывен в течение всего времени выполнения программы и завершается только по завершении программы.

В многопоточных приложениях возможна организация нескольких потоков выполнения, которые будут исполняться процессором параллельно. Программной единицей для организации отдельного потока является функция, т.е. основной поток будет как обычно представлен функцией **main()**, а в качестве других потоков могут выступать другие функции, описанные в программе.

Любой поток выполнения, работающий в многопоточном приложении, имеет доступ ко всем ресурсам, выделенным процессу. Например, несколько потоков могут пытаться одновременно изменить содержимое одного участка памяти. Поэтому при разработке многопоточных приложений особое внимание необходимо уделять синхронизации потоков при работе с общими ресурсами, для чего наиболее удобным является применение семафоров.

Семафоры позволяют исключить выполнение одного и того же участка кода программы несколькими потоками одновременно. Самый простой двоичный сема-

фор – замок (lock) или мутекс. Чтобы поток мог продолжить исполнение кода, он должен сначала получить замок и закрыть его. После этого он выполняет некоторый участок кода и открывает замок, чтобы другой поток (возможно, уже сделавший запрос на данный замок) мог его получить и пройти дальше к выполнению охраняемого замком участка программы.

Необходимые для работы с потоками функции содержатся в модулях **thread** и **threading**.

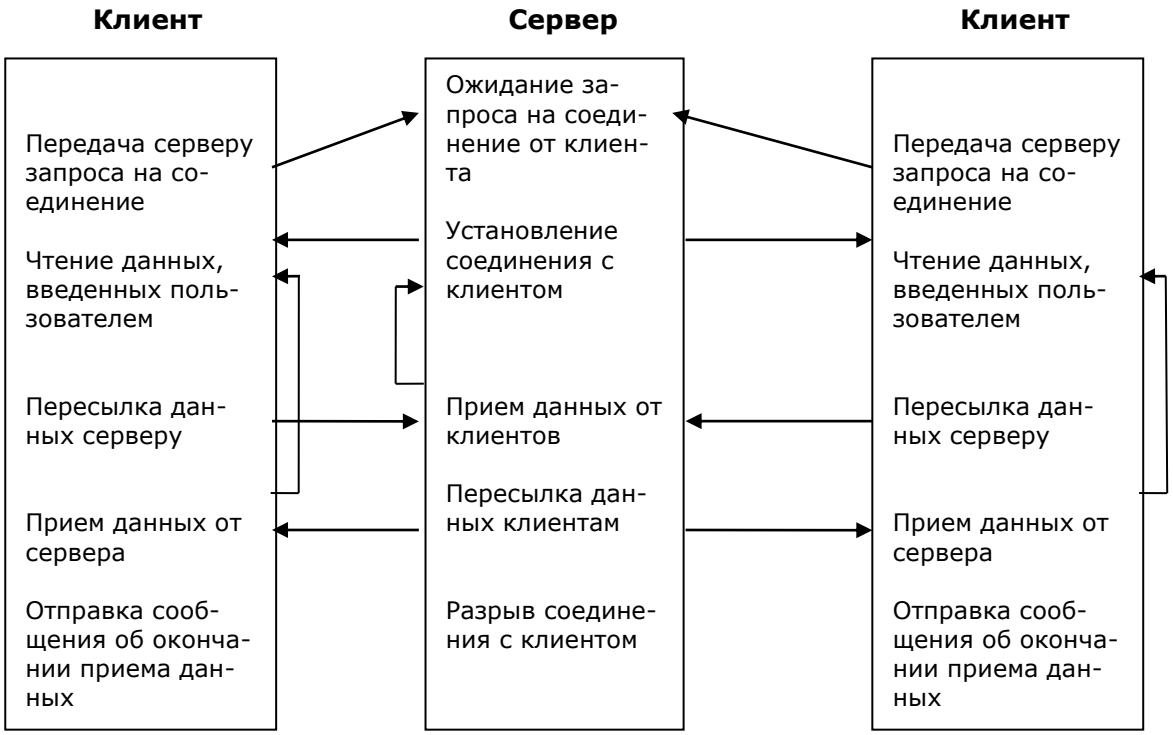


Рис.3.1 Схема взаимодействия Chat-сервера с клиентами

2.3 Управление потоками

Объект **Thread** позволяет назначить действия, которые должны выполняться в отдельном потоке, и имеет следующий конструктор:

threading.Thread(group,target,name,args=(),kwargs={}) -> object

где group – группа потоков, target – функция, метод или другой объект, позволяющий вызов, именно он вызывается при запуске потока, name – имя потока, args и kwargs – соответственно позиционные и именованные аргументы для вызова потока.

Приведем некоторые методы объектов класса **threading.Thread**. Метод **start()** запускает поток, он не имеет параметров и ничего не возвращает. Метод **run()** используется для вызова в отдельном потоке. Получает свое значение из параметра

target конструктора класса. При вызове используются **args** и **kwargs**, заданные в конструкторе.

Метод **join([time])** ожидает завершения потока. Поток, который вызывает этот метод, приостанавливается. Значение **time** задает время ожидания, после которого приостановленный поток продолжает свою работу. Метод **getName()** возвращает имя потока, метод **setName(name)** устанавливает имя потока. Метод **isAlive()** возвращает значение `истина`, если поток работает.

Класс **threading.Lock** – простейший замок, который имеет два состояния (он может быть либо открыт, либо заперт). Объект **Lock** имеет два основных метода – **acquire(),** с помощью которого поток делает запрос на запирание замка, и **release()**, используемого для снятия замка. Метод **locked()** возвращает статус замка: 0 – свободен, 1 – занят.

С помощью этого вида замка можно обеспечить выполнение некоторого участка программы одновременно только одним потоком. Еще раз запросить закрытый замок не может даже сам процесс, который его до этого запер: это приводит к бесконечному ожиданию. Однако, отпереть замок может любой процесс.

В некоторых случаях (например, в рекурсивных функциях) необходимо, чтобы один и тот же поток имел возможность запрашивать замок даже в случае, если он им уже обладает. Объект класса **threading.RLock** имеет эту возможность, и потому может сколько угодно раз запрашивать замок методом **acquire()** и столько же раз снимать методом **release().** Первоначально замок находится в открытом состоянии и не принадлежит ни одному потоку. Замок возвращается в исходное незапертое состояние только после одинакового числа запросов и освобождений. При этом все остальные потоки, которые запрашивают замок, остаются в состоянии ожидания.

Семафоры представлены классом **threading.Semaphore** и являются более общий механизмом синхронизации потоков, чем замки. С их помощью в критическую часть программы допускаются несколько потоков. Семафор ведет счетчик запросов, который при каждом запросе **acquire()** уменьшается на единицу, а при каждом **release()** – увеличивается на единицу. Счетчик не может стать меньше нуля, поэтому, если запрос поступает, когда счетчик равен нулю, потоку приходится ждать, как и в случае с замками, пока один из потоков не увеличит счетчик.

Объекты класса **threading.Event** служат для простейшей коммуникации между потоками, при которой один поток сигнализирует о событии, тогда как другие находятся в состоянии ожидания. Объекты события имеют внутренний флаг, который может быть установлен или сброшен. При своем создании флаг находится в сброшенном состоянии. Если флаг установлен, ожидания не происходит: соответствующий поток продолжает свою работу.

Модуль **thread** предоставляет низкоуровневый доступ к потокам выполнения. В этом модуле доступны следующие функции.

Создание нового потока для исполнения функции **function** с кортежем аргументов **args** и словарем **kwargs** выполняется функцией **thread.start_new (function,args[,kwargs]).** Поток завершается по возврату из функции.

Функция **thread.exit()** возбуждает исключение **SystemExit,** которое, если оказалось неперехваченным, завершает исполняющийся поток.

Функция **get_ident() -> id** возвращает идентификатор потока, в котором исполняется эта функция.

Вызовом функции **thread.allocate_lock() -> lockobj** осуществляется создание объекта замка. На основе этого замка создан класс **threading.Lock**, поэтому методы для работы с этими объектами одинаковы.

3. Задание к лабораторной работе

С помощью API-интерфейса реализовать простой чат**.** Каждая бригада должна написать chat-сервер и chat-клиента. Сервер должен поддерживать соединение сразу от нескольких клиентов. Обмен между клиентами осуществляется через сервер. При получении сообщения от какого-либо клиента, сервер дублирует его на своем экране и оповещает всех подсоединенных клиентов, отправляя каждому из них данное сообщение. При подсоединении нового клиента к chat-серверу, сервер оповещает каждого клиента о новом пользователе, посылая им его IP-адрес и имя.

Тестирование сервера провести в режиме удаленного доступа при одновременном подключении не менее двух клиентов. Также необходимо проверить корректность работы клиента, осуществляющего ввод данных, при одновременной отправке данных другим клиентом.

4. Контрольные вопросы

1. Приведите схему взаимодействия chat-сервера и chat-клиента.
2. Что такое потоки выполнения, для чего они нужны и как они работают?
3. Какие проблемы возникают при использовании потоков и как эти проблемы решаются ?
4. Опишите классы модуля threading.
5. Какие виды замков существуют ? Расскажите о преимуществах и недостатках каждого из них.
6. Что такое семафор, в чем его отличие от замка ?

Лабораторная работа № 4. Анализ структуры кадра/фрейма технологии Ethernet

1. Цель работы

Спроектировать и реализовать программу, выполняющую анализ структуры кадра/фрейма технологии Ethernet.

2. Методические указания

2.1 Передача фреймов по сети

При передаче фрейма по сети Ethernet электрические сигналы, несущие биты, достигают всех станций сегмента локальной сети. Сетевые интерфейсные аппаратные средства этих станции обнаруживают электрический сигнал и могут принять копию фрейма.

В локальных сетях разного типа для обеспечения непосредственной связи применяется та или иная ***схема адресации***. Каждой станции локальной сети присваивается уникальное числовое значение, называемое *физическим адресом*, *аппаратным адресом*, или *адресом доступа к передающей среде* (MAC — Media Access Control). При передаче фрейма по локальной сети отправитель включает во фрейм аппаратный адрес намеченного получателя. Аппаратное обеспечение каждой станции проверяет адрес каждого входящего фрейма, чтобы определить, должна ли станция принять этот фрейм.

Фрейм, передаваемый по разделяемой локальной сети, включает два адреса; один из них указывает получателя, а другой — отправителя. Каждый фрейм начинается с заголовка фиксированного формата, в котором отведено место для двух адресов. Участки заголовка, зарезервированные для адресов, принято называть ***полями.*** При передаче фрейма отправитель должен поместить физический адрес получателя в поле адреса назначения, а свой адрес — в поле адреса источника. Благодаря наличию адреса отправителя в каждом фрейме упрощается задача подготовки ответа получателем. Сетевые интерфейсные аппаратные средства обеспечивают проверку полей адресов в проходящих по сети фреймах и прием только тех фреймов, в которых адрес назначения совпадает с адресом станции.

2.2 Способы адресации

Способы адресации можно разбить на следующие категории:

- Статическая адресация
- Настраиваемая адресация
- Динамическая адресация

В *статической схеме* физические адреса назначаются изготовителем аппаратных средств. Статический физический адрес станции не меняется до тех пор, пока на ней не произойдет замена аппаратных средств.

Схема ***настраиваемой адресации*** позволяет заказчику устанавливать физический адрес. Этот механизм может предусматривать ручную настройку (т.е. перестановку переключателей при инсталляции интерфейса) или электронную настройку. Большинство аппаратных средств, требует настройки конфигурации только один раз; настройка обычно выполняется при первоначальной установке аппаратных средств.

Схема ***динамической адресации*** позволяет автоматически присваивать станции физический адрес сразу после ее загрузки. Большинство схем динамической адресации требует, чтобы станция случайным образом проверяла номера до тех пор, пока не будет найдено значение, не используемое другими компьютерами в качестве адреса. Например, станцией может быть выбрано в качестве начального значения адреса текущее время суток. После генерации случайного числа станция посылает по сети сообщение с соответствующим адресом. Если этот адрес уже используется каким-либо компьютером, то он отвечает на это сообщение. Если же никакая станция не ответит на отправленный запрос, отправитель может использовать адрес в качестве своего физического адреса. Таким образом, адрес, выбранный компьютером, зависит от того, какие адреса применяются другими компьютерами ко времени его загрузки: при каждом последующем перезапуске компьютер может получать другой адрес.

К основным ***преимуществам статической адресации*** относится удобство использования и постоянство. Эту схему легко применять, поскольку поставщики аппаратных средств назначают адреса и гарантируют, что каждое аппаратное устройство имеет физический адрес, который больше нигде в мире не повторится. Аппа-

ратные устройства различных изготовителей можно соединять в одну физическую сеть, не опасаясь возникновения конфликтов адресов. Статическая адресация является постоянной, поскольку адрес компьютера не меняется после каждой перезагрузки.

Использование ***динамической адресации*** имеет два преимущества: для изготовителей аппаратных средств отпадает необходимость согласовывать друг с другом назначаемые адреса, а для сетевых администраторов появляется возможность уменьшить размер адресов. Адрес может стать короче потому, что он должен быть уникальным только в одной локальной сети. Динамическая схема адресации позволяет станциям в одной локальной сети выбирать такие же адреса, как и у станций другой локальной сети. Основным недостатком динамической адресации является отсутствие постоянства и возможность конфликта адресов. При каждой начальной загрузке компьютер получает новый адрес; другие компьютеры должны узнать этот новый адрес, прежде чем они смогут с ним связаться. Более того, если работа сети при загрузке компьютера временно нарушена, то два компьютера могут выбрать один и тот же физический адрес.

Настраиваемые адреса могут служить компромиссом между статической и динамической схемами. Как и статические, настраиваемые адреса являются постоянными: адрес компьютера остается тем же после каждой перезагрузки. Как и динамические, настраиваемые адреса не должны быть слишком большими, поскольку адрес является уникальным только в конкретной сети. На практике большинство сетевых администраторов предпочитает присваивать последовательные значения настраиваемых адресов. Первый компьютер, установленный в сети, получает адрес 1, второму присваивается адрес 2 и т.д. Одно из преимуществ настраиваемой схемы адресации становится очевидным при замене сетевых интерфейсных аппаратных средств: в отличие от аппаратных средств, в которых используется статически присвоенный адрес, настраиваемый интерфейс может быть заменен без смены физического адреса компьютера.

2.3 Широковещательная рассылка

Во многих приложениях, использующих сеть, применяется метод, называемый ***широковещательной рассылкой***. Этот термин, который первоначально распро-

странялся на радио- и телевизионные передачи, обозначает такие передачи, которые доступны широкому кругу пользователей. Если приложение выполняет широковещательную рассылку данных, оно предоставляет копию данных в распоряжение всех других компьютеров в сети.

Для обеспечения широковещательной рассылки в локальных сетях используется расширенная схема адресации. Проектировщики сети предусматривают не только присвоение адреса каждому компьютеру, но и назначают специальный зарезервированный адрес, называемый ***широковещательным адресом***. Аппаратный интерфейс компьютера настроен на распознавание не только физического, адреса станции, но и специального широковещательного адреса. Получив фрейм с одним из этих адресов в поле адреса назначения, интерфейс принимает фрейм и передает его копию операционной системе компьютера.

2.4. Групповая рассылка

Групповая рассылка – это ограниченная форма широковещательной рассылки, преимуществом которой является то, что в ней для исследования фреймов используются сетевые интерфейсные аппаратные средства. В отличие от широковещательного, групповой фрейм не перенаправляется автоматически операционной системе (сетевым протоколам, лежащим выше канального уровня). В интерфейсных аппаратных средствах программируются критерии, в соответствии с которыми они принимают одни групповые фреймы и отбрасывают другие. Решение принимают интерфейсные аппаратные средства и передают выше по стеку только фреймы, соответствующие критериям.

Групповая рассылка предусматривает расширение схемы адресации путем резервирования адресов для групповой рассылки. Во время начальной загрузки компьютера интерфейс программируется на распознавание только адреса компьютера и широковещательного адреса. Если работающее на компьютере приложение должно получать групповые фреймы, оно обязано указать сетевому интерфейсу используемый адрес групповой рассылки. Интерфейс добавляет этот адрес к набору распознаваемых адресов и начинает принимать фреймы, отправленные по этому адресу.

2.5. Определение содержимого фрейма

Хотя рассматриваемые выше схемы адресации позволяют отправителю указать получателя кадра, используемый при этом адрес не позволяет дать описание содержимого фрейма. Поскольку многие элементы данных имеют одинаковое представление, получатель не может использовать данные кадра, чтобы определить его содержимое. Например, во всех пакетах, которые инкапсулированы во фреймы и содержат сообщения электронной почты, текстовые файлы и Web-страницы, для представления данных используется кодировка ASCII. Для передачи получателю сведения о его содержимом каждый фрейм включает дополнительную информацию, которая указывает тип его информационного наполнения. Для обозначения содержимого фрейма используются следующие методы.

- ***Явное обозначение типа фрейма.*** Проектировщики сетевого аппаратного обеспечения указывают, как должна быть включена во фрейм информация типа и какие значения должны использоваться для описания фреймов различных типов. Участок фрейма, используемый для описания его содержимого, называют полем типа фрейма, а сам фрейм — автоматически распознаваемым.
- ***Неявное обозначение типа фрейма.*** При использовании этого метода сетевые аппаратные средства не включают поле типа в каждый фрейм. Фрейм содержит только данные. Поэтому отправитель и получатель должны согласовывать между собой содержимое каждого фрейма или предусматривать использование части данных фрейма в качестве поля типа.

2.6 Заголовки фрейма и его формат

В локальной сети обычно определен точный формат применяемого в ней фрейма. Хотя отдельные детали могут отличаться, в большинстве сетевых технологий фрейм состоит из двух частей: заголовка фрейма, содержащего адрес источника и адрес назначения, за которым следует основная часть, называемая телом фрейма, или областью данных, содержащая передаваемую информацию. Общий формат фрейма показан на рис. 4.1.

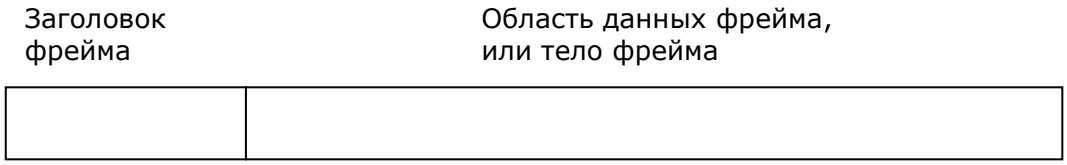


Рис. 4.1. Общий формат фрейма

В большинстве сетевых технологий каждое поле заголовка фрейма имеет постоянный размер и расположение. В результате все фреймы имеют одинаковый размер заголовка. В отличие от этого, область данных фрейма не имеет постоянного размера: размер области данных определяется объемом передаваемых данных.

2.7 Формат фрейма Ethernet

Фрейм Ethernet (рис. 4.2) начинается с заголовка, который содержит три поля. 64-битовая начальная серия (преамбула), которая предшествует фрейму, содержит чередующиеся биты 1 и 0, позволяющие аппаратным средствам получателя синхронизировать работу в соответствии с входящим сигналом. Первые два поля заголовка содержат физические адреса. В сети Ethernet используется 48-битовая статическая схема адресации, в которой каждому сетевому интерфейсу (сетевой плате) изготовителем назначается уникальный адрес. Поле, обозначенное как адрес назначения, содержит физический адрес станции, на которую отправлен данный фрейм. Поле, обозначенное как адрес источника, содержит физический адрес станции — отправителя фрейма. Третье поле заголовка содержит 16-битовое обозначение ***типа фрейма Ethernet или его длину.***

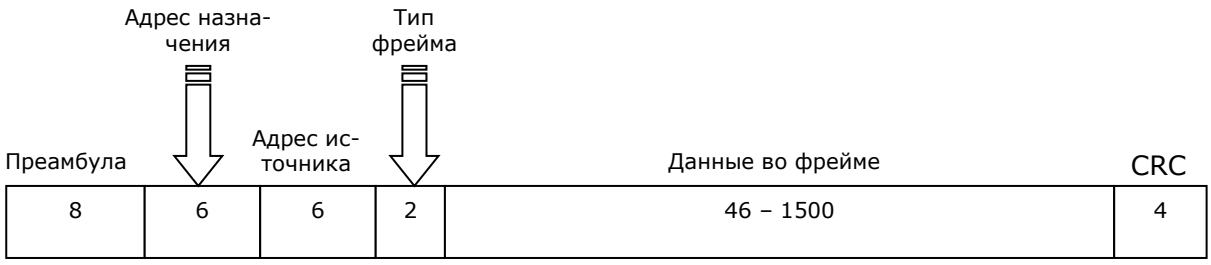


Рис. 4.2. Формат фрейма, используемого в сети Ethernet. Число, приведенное в каждом поле, обозначает размер поля в восьмибитовых октетах

Фрейм DIX (Digital-Intel-Xerox) сети Ethernet определяет значения, которые могут применяться в полях заголовка, и их смысл: Например, в стандарте указано, что адрес со всеми 48 битами, установленными в значение 1, зарезервирован для широ-

ковещательной рассылки, прочие адреса, которые начинаются с бита 1, используются для групповой рассылки, а шестнадцатеричное значение 8137 в поле типа фрейма указывает, что данные во фрейме соответствуют протоколу корпорации Novell, известному под названием IPX. В таблице 4.1 приведены некоторые примеры значений типов Ethernet.

Таблица 4.1

Значение	Описание
0000-05DC	Зарезервировано для использования во фреймах LLC/SNAP IEEE
0800	Версия 4 протокола IP Internet
0805	Протокол X.25 CCITT
0806	Протокол ARP
0900	Сетевой отладчик корпорации Ungermann-Bass
0BAD	Протокол VINES корпорации Banyan Systems
1000-100F	Инкапсуляция концевика пакета Berkeley UNIX
6004	Протокол LAT корпорации Digital Equipment
6559	Протокол Frame Relay
8005	Сетевой зонд корпорации Hewlett Packard
8008	Зарезервировано корпорацией AT&T
8014	Сетевые игры корпорации Silicon Graphics
8035	Реверсивный протокол ARP (RARP)
8038	Оборудование LANBridge корпорации Digital Equipment
805C	Ядро версии V Станфордского университета
809B	Протокол AppleTalk корпорации Apple Computer
80C4-80C5	Зарезервировано корпорацией Banyan Systems
80D5	Протокол SNA корпорации IBM
80FF-8103	Зарезервировано компанией Wellfleet Communications
8137-8138	Протокол IPX корпорации Novell
818D	Зарезервировано корпорацией Motorola
FFFF	Зарезервировано

Как показано в таблице, некоторые типы Ethernet предназначены для использования в системах, разработанных отдельными компаниями, а другие применяются в программном обеспечении, соответствующем международным стандартам, таким как X.25. Наличие стандартизированных обозначений типов гарантирует использование во всех продуктах Ethernet одного и того же значения для конкретного типа фрейма. Поэтому продукты Ethernet одного и того же типа, создаваемые несколькими поставщиками, могут взаимодействовать.

2.8 Фреймы, не обеспечивающие автоматическое распознавание типа

Некоторые сетевые технологии не предусматривают в заголовке фрейма поля типа. Это значит, что фреймы не обеспечивают автоматическое распознавание типа. Для определения типа данных, содержащихся во фрейме, применяют следующий

подход. Перед передачей каких-либо данных отправитель и получатель согласовывают применение первых нескольких октетов поля данных для хранения сведений о типе. Программное обеспечение компьютера-отправителя добавляет эти сведения о типе данных в начало исходящего фрейма. Программное обеспечение в компьютере-получателе извлекает информацию о типе и использует ее при обработке данных.

Для того чтобы во всем программном обеспечении для определения типов применялись одинаковые значения, смысл каждого обозначения типа был определен организациями по стандартизации. Распределением этих обозначений занималось много организаций, которые не всегда координировали свои действия. Для решения проблемы классификации типов, назначенных разными организациями по стандартизации, институт IEEE разработал стандарт, который предусматривает включение не только поля для обозначения типа, присвоенного организацией, но и поля с указанием самой организации по стандартизации. Эта спецификация, составляющая часть стандарта 802.2 IEEE, известна под названием заголовка управления логическим соединением (LLC — Logical Link Control) стандартного протокола доступа к сети (SNAP — Standard Network Access Protocol). Формат заголовка LLC/SNAP IEEE является общепринятым.

На рис. 4.3 показан пример заголовка LLC/SNAP, который содержит восемь октетов. Первые три октета представляют часть LLC, которая указывает, что далее следует поле типа данных.

Рис. 4.3. Пример восьмиоктетного заголовка LLC/SNAP IEEE, который используется для указания типа данных. Часть SNAP обозначает организацию и тип, определенный этой организацией

Как показано на рисунке, часть заголовка SNAP разделена на два поля. Первое поле носит название уникального идентификатора организации (OUI — Organizationally Unique Identifier) и используется для обозначения организации по

стандартизации. Второе поле содержит значение типа, определенное этой организацией. Например, значение OUI со всеми нулями, показанное на рис. 4.3 принадлежит организации, которая определяет типы Ethernet. Поэтому шестнадцатеричное значение 0800, показанное в этом примере в поле типа, интерпретируется в соответствии со стандартом, в котором определены типы Ethernet. Как и типы, закодированные в заголовке фрейма, поле типа LLC/SNAP возможность всем компьютерам совместно использовать сеть для широковещательной рассылки фреймов. При поступлении фрейма на компьютер проверяется информация LLC/SNAP в начале области данных фрейма. Если получатель не распознает OUI или не имеет программного обеспечения для обработки данных полученного типа, фрейм отбрасывается. Поэтому широковещательный фрейм, несущий данные определенного типа, будет проигнорирован всеми компьютерами сети, кроме тех, что распознают этот тип данных.

3. Задание к лабораторной работе

1. Разработать и отладить программу, выполняющую анализ потока кадров. Потоки кадров представлены в виде файлов двоичного формата, место нахождения которых уточняется у преподавателя. В кадрах отсутствует преамбула и контрольная сумма, для исходящего кадра длина может быть меньше минимальной. Каждая бригада выполняет обработку одного файла с именем ethersXX.bin, где XX – номер бригады.

При выполнении работы в дистанционном режиме в обязательном порядке выполнить анализ файлов ethers06.bin и ethers07.bin.

Требования к программе:

- предусмотреть возможность ввода имени файла с клавиатуры;
- обеспечить вывод на экран по каждому кадру: номер, тип, IP- адресов (основную информацию заголовка IP-пакета), MAC- адресов (основную информацию заголовка кадра); также необходимо вывести итоговые результаты обработки: общее число обработанных кадров и число кадров каждого типа (IP, ARP, Novell, SNAP и т.д.);

Алгоритм определения формата кадров можно найти в Приложении 2. Там же находится вся необходимая информация по форматам кадров Ethernet, IP- пакетам и TCP-сегментам.

2. В отчете необходимо выполнить полный анализ кадра с номером XX, где XX номер Вашей бригады. Анализ можно провести с помощью любого 16-ричного редактора, например, свободно распространяемого редактора HxD.

3. Проверка программы преподавателем может проводиться на любом исходном файле.

5. Контрольные вопросы

1. Как осуществляется передача фреймов по сети?
2. Какие способы адресации вы знаете? В чем они заключаются? Приведите достоинства и недостатки каждого из способов.
3. Что называется широковещательной рассылкой? В каких случаях она используется? В чем ее достоинства и недостатки?
4. Что называется групповой рассылкой? В каких случаях она используется? Чем она отличается от широковещательной рассылки?
5. Какие методы используются для обозначения содержимого фрейма?
6. Приведите общий формат фрейма, передаваемого по сети.
7. Приведите форматы фреймов Ethernet.
8. Укажите несколько типов фреймов, используемых в сети Ethernet.
9. Как определяют тип данных, содержащихся во фрейме, не обеспечивающем автоматическое распознавание типа?

Лабораторная работа № 5. Анализ функционирования и диагностика IP-сетей

1. Цель работы

Приобретение практических навыков работы с сетевыми командами операционных систем Windows и Linux, предназначенными для анализа и диагностики сетей TCP/IP, а также со средствами интерактивной диагностики сетей.

2. Методические указания

2.1 Общие сведения

Компьютерная сеть – это совокупность однородных или разнородных компьютеров, соединенных между собой линиями связи и имеющих специальное программное обеспечение, позволяющее организовать обмен данными. Современные сети, как правило, содержат также специальное сетевое оборудование - коммутаторы, маршрутизаторы, шлюзы и т.д. Объединение сетей разной архитектуры и топологии стало возможно благодаря протоколу IP (Internet Protocol) и принципу маршрутизации пакетов данных

В сети Интернет используется трехуровневая система адресации с использованием физических, сетевых и доменных адресов. *Физический* адрес (MAC-адрес) – это уникальный адрес узла сети внутри среды передачи данных, состоящий из шести байтов, которые принято записывать в шестнадцатеричной системе и разделять двоеточиями. Каждый сетевой интерфейс имеет уникальный MAC- адрес, который используется для идентификации отправителя и получателя в пределах одной подсети. Один узел сети может иметь несколько физических адресов, если в нем установлены несколько сетевых интерфейсов.

Сетевой адрес (IP-адрес), определяемый протоколом IPv4, состоит из четырех байтов, записываемых традиционно в десятичной системе счисления и разделяемых точкой. Сетевой адрес узла логически разделяется на две части, одна из которых называется адресом сети, а другая - адресом узла. Таким образом с помощью пары чисел можно адресовать любой узел, подключенный к глобальной сети на базе протокола TCP/IP.

Для того чтобы определить размер адреса сети, используется маска сети – 32-битное число, выделяющее в IP-адресе адрес сети и адрес узла: биты маски, соответствующие адресу сети, установлены в 1, а биты маски, соответствующие адресу узла в сети, установлены в 0. Возможны два способа указания маски:

- в том же виде, что и IP-адрес: IP-адрес сети – 170.160.0.0, маска подсети – 255.240.0.0;

- указанием количества начальных единичных битов в маске сети сразу после адреса сети через символ ”/”: IP-адрес сети: 170.160.0.0/12

Все IP-адреса протокола IPv4 делятся на публичные (глобальные, внешние, белые) и частные (локальные, внутренние, серые). Публичным IP-адресом называется адрес, который используется для выхода в Интернет. Доступ к устройству с публичным IP-адресом можно получить из любой точки глобальной сети, т.к. эти IP-адреса маршрутизируются в Интернете в отличие от частных IP-адресов.

Количество публичных адресов протокола IPv4 ограничено, поэтому в локальных сетях используются частные IP-адреса. Частный IP-адрес принадлежит к специальному диапазону, не используемому в сети Интернет. Следующие диапазоны определены как адреса, выделенные для локальных сетей:

10.0.0.0 – 10.255.255.255 (маска подсети 255.0.0.0);

172.16.0.0 — 172.31.255.255 (маска подсети 255.240.0.0);

192.168.0.0 — 192.168.255.255 (маска подсети 255.255.0.0).

Частные сетевые адреса могут присваиваться узлам сети двумя способами – в ручном режиме и в автоматическом. Второй способ позволяет автоматизировать работу администратора сети, используя для этого специальный протокол DHCP.

Более современная версия протокола IPv6 использует сетевые адреса размером 16 байтов.

Доменные (символьные) адреса введены для удобства пользователей. Первоначально система доменных имён в Интернете была введена по административному принципу, когда домен верхнего уровня мог принимать одно из значений, определяющих характер организации: *gov* – правительственные, *edu* – образовательные, *com* – коммерческие, *org* – общественные, *net* – организации, предоставляющие се-

тевые услуги. Затем начал применяться территориальный принцип, в котором в качестве домена верхнего уровня используется код страны (для России - «ru», для США – «us» и т.д.).

Система доменных имен строится по иерархическому принципу, например *fpm2.ami.nstu.ru.* Здесь *fpm2*– имя узла, *ami* – имя подразделения, *nstu* – имя организации, *ru* – имя домена верхнего уровня.

Кадры, передаваемые между узлами сети на канальном уровне, несут информацию только о физических адресах получателя и отправителя. На сетевом уровне носителями данных являются пакеты (дейтаграммы), содержащие IP-адреса получателя и отправителя. На прикладном уровне для указания получателя данных пользователи чаще всего используют доменные адреса.

Однозначной связи между физическими, сетевыми и доменными адресами не существует. Поэтому единственным способом для преобразования доменного имени в сетевой адрес, а сетевого адреса в физический адрес, является применение ассоциативных таблиц, каждая запись в которых содержит непосредственное описание соответствующей связи.

Преобразование доменного имени в сетевой адрес реализуется на основе протокола DNS, программное обеспечение которого реализовано в технологии «клиент - сервер». В каждом домене Интернета имеется выделенный DNS-сервер, на котором хранятся таблицы соответствия доменных и сетевых имен всех узлов домена, а также ссылки на адреса DNS-серверов всех поддоменов и родительского домена, т.е. данные DNS могут быть представлены в виде распределенного набора таблиц.

DNS-клиенты входят в состав сетевого ПО всех операционных систем и предназначены для формирования запросов к DNS-серверам, а также получения и хранения результатов выполнения этих запросов в кэше. Записи в DNS-кэше могут быть статическими и динамическими. Просмотреть содержимое кэша можно командой **ipconfig /displaydns** (рис. 5.1), очистить кэш – командой **ipconfig /flushdns**.

Преобразование сетевого адреса в физический адрес реализуется на основе протокола ARP, программное обеспечение и таблицы соответствия которого хранятся на каждом узле сети. Записи в ARP-таблице могут быть статическими и дина-

мическими (рис. 5.2). Статические записи создаются вручную и существуют до следующей перезагрузки устройства, динамические записи периодически обновляются.

```
1.0.0.127.in-addr.arpa
----------------------------------------
Имя записи  . . . . . : 1.0.0.127.in-addr.arpa.
Тип записи  . . . . . : 12
Срок жизни (TTL). . . : 592396
Длина данных. . . . . : 4
Раздел  . . . . . : Ответ
PTR-запись  . . . . . : localhost


rtb.com.ru
----------------------------------------
Имя записи  . . . . . : rtb.com.ru
Тип записи  . . . . . : 1
Срок жизни (TTL). . . : 2451
Длина данных. . . . . : 4
Раздел  . . . . . : Ответ
A-запись (узла) . . . : 83.222.104.102


lenta.ru
----------------------------------------
Имя записи  . . . . . : lenta.ru
Тип записи  . . . . . : 1
Срок жизни (TTL). . . : 208
Длина данных. . . . . : 4
Раздел  . . . . . : Ответ
A-запись (узла) . . . : 81.19.72.38
```

Рис. 5.1

Для работы с ARP-таблицей используется команда **arp:**

- просмотр таблицы: **arp –a;**

- добавление статических записей: **arp –s 129.35.251.23 00-AA-00-62-C6-09;**

IP-адрес	MAC-адрес	Тип записи
194.85.135.65	00E0F77F1920	Динамический
194.85.135.75	008048EB7E60	Динамический
194.85.60.21	008048EB7567	Статический

Рис. 5.2

Когда компьютер с некоторым IP-адресом решает отправить кадр с данными другому компьютеру, он выясняет, принадлежит ли адресат той же локальной сети, что и отправитель, следующим образом: на IP-адрес получателя накладывается сетевая маска и вычисляется адрес сети, которой принадлежит получатель. Если этот адрес совпадает с адресом сети отправителя, то оба находятся в одной локальной сети и MAC-адрес получателя берется из ARP-таблицы отправителя. При отсутствии в

таблице IP-адреса получателя протокол ARP позволяет отправителю разослать по всему сегменту сети широковещательный запрос, который требует от компьютера, имеющего заданный IP-адрес, откликнуться и указать свой физический адрес. После получения ответа отправитель добавляет новую запись в свою ARP-таблицу и отправляет кадр узлу-адресату.

Если отправитель и получатель находятся в разных сетях, то кадр отправляется ближайшему маршрутизатору, который извлекает из него IP-пакет, находит IP-адрес получателя и в своей таблице маршрутизации находит адрес ближайшего маршрутизатора для последующей передачи пакета в заданную сеть. Маршрутизаторы могут быть аппаратными или программными.

Просмотреть таблицу маршрутизации можно командой **route print** (табл.5.1):

Таблица 5.1

Сетевой адрес	**Маска**	**Адрес шлюза**	**Интерфейс**	**Метрика**
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
0.0.0.0	0.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.5	1
129.13.0.0	255.255.0.0	198.21.17.6	198.21.17.5	2
198.21.17.0	255.255.255.0	198.21.17.5	198.21.17.5	1
198.21.17.5	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
198.21.17.255	255.255.255.255	198.21.17.5	198.21.17.5	1
213.34.12.0	255.255.255.0	213.34.12.3	213.34.12.3	1
213.34.12.3	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
255.255.255.255	255.255.255.255	198.21.17.6	198.21.17.6	1

Здесь в качестве сетевого адреса назначения может указываться IP-адрес сети, специфический IP-адрес конкретного узла или адрес, используемый по умолчанию. В приведенной таблице адрес по умолчанию задается сетевым адресом 0.0.0.0 с маской 0.0.0.0, а специфические адреса указаны в строках, имеющих значение маски. 255.255.255.255. Остальные строки в качестве адреса назначения задают известные маршрутизатору адреса сетей.

Поле «Адрес шлюза» задает адрес ближайшего маршрутизатора для продвижения IP-пакета к заданной сети, поле «Интерфейс» указывает IP-адрес выходного се-

тевого интерфейса текущего маршрутизатора, а поле «Метрика» хранит целое число, используемое в качестве критерия выбора маршрута передачи пакета, например, количество промежуточных маршрутизаторов, которые должен пройти пакет, чтобы достигнуть адресата.

2.2 Диагностика IP-сети

Современные сети могут иметь могут иметь сложную топологию с большим количеством компьютеров и различного коммутационного оборудования, поэтому пользователям часто приходится решать задачи, связанные с диагностикой функционирования сетевого оборудования. Например, часто возникает необходимость определения работоспособности того или иного узла сети, выяснения маршрута прохождения пакетов в случае появления больших задержек передачи данных или оценки вероятности потери пакетов в заданных сегментах сети. Кроме того, может возникнуть необходимость определения IP-адреса или географического местонахождения некоторого узла сети по его доменному имени.

Для выявления различных проблем, которые могут возникнуть при прохождении в сети IP-пакетов, в состав стека протоколов TCP/IP входит протокол ICMP.

2.2.1 Основы протокола ICMP

Протокол ICMP разрабатывался для формирования сообщений о невозможности доставки IP-дейтаграммы. Позднее были разработаны другие способы использования созданной системы управления сообщениями. Например, на ее основе были разработаны программы, предназначенные для проверки работоспособности заданных узлов сети, а также для определения маршрута передачи IP-пакетов.

ICMP-сообщение готовится в специальном формате (рис. 5.3), инкапсулируется в новый IP-пакет, который передается отправителю пакета, для которого возникла ошибка. Поэтому протоколы IP и ICMP связаны друг с другом: протокол IP использует ICMP для формирования сообщений об ошибках, а протокол ICMP использует IP для доставки этих сообщений.

Рис. 5.3

ICMP-сообщение состоит из заголовка и поля данных. Заголовок содержит обязательную и необязательную части по 4 байта каждая. Обязательная часть имеет 3 поля: *тип* (указывает основную причину формирования сообщения), *код* (уточняет причину) и *контрольную сумму* сообщения. Поле данных имеет переменной длину и содержит данные, которые необходимо вернуть отправителю.

Интерпретация необязательной части заголовка и поля данных зависят от типа сообщения. Например, для сообщений типа 8 (эхо-запрос) и 0 (эхо-ответ) необязательная часть заголовка может содержать поля «Идентификатор» и «Номер», которые используются отправителем для проверки соответствия между запросом и ответом, а поле данных для сообщений типа 3 (адресат недоступен), 5 (перенаправление маршрута) и 11 (истечение TTL) содержит заголовок и первые 8 байтов поля данных IP-пакета, вызвавшего ошибку, чтобы отправитель мог идентифицировать этот пакет.

На рис. 5.4 приведены основные типы ICMP-сообщений:

- *Запрос/ответ эхо - повтора*. Запрос эхо - повтора может быть передан программному обеспечению протокола ICMP любого компьютера. В ответ на запрос эхо – повтора программное обеспечение ICMP должно послать ответ эхо – повтора ICMP, который содержит те же данные, что и запрос. Этот тип сообщений используется программами **ping** и **tracert.**

- *Получатель не доступен*. Обнаружив, что дейтаграмма не может быть доставлена в место назначения, маршрутизатор отправляет хосту, на котором она была создана, сообщение о том, что получатель недоступен. В сообщении указано, явля-

ется ли недоступным конкретный хост назначения или недоступна сеть, к которой подключен хост назначения.

- *Истечение времени дейтаграмм*. Сообщение формируется в случае TTL=0.

Таблица типов ICMP-сообщений

Значение в поле «Тип»	Тип сообщения
0	Эхо-ответ
3	Узел назначения недостижим
4	Подавление источника
5	Перенаправление маршрута
8	Эхо-запрос
11	Истечение времени диаграммы
12	Проблема с параметрами пакета
13	Запрос отметки времени
14	Ответ отметки времени
17	Запрос маски
18	Ответ маски

Таблица кодов причин ошибок 3

Код	Причина
0	Сеть недостижима
1	Узел недостижим
2	Протокол недостижим
3	Порт недостижим
4	Ошибка фрагментации
5	Ошибка в маршруте источника
6	Сеть назначения не известна
7	Узел назначения не известен
8	Узел-источник изолирован
9	Административный запрет
	. . . . .

? сообщение-запрос
i сообщение-ответ
√ сообщение-ошибка

Рис. 5.4

2.2.2 Команды диагностики IP-сетей

В состав каждой ОС входит набор утилит, предназначенный для диагностики оборудования сетей TCP/IP. Рассмотрим некоторые из этих утилит.

2.2.2.1 Команда: **ipconfig**

Команда **ipconfig** (в Linux – **ifconfig**) предназначена для управления сетевыми интерфейсами. Она позволяет просмотреть параметры настройки всех интерфейсов в кратком (по умолчанию) или в полном виде (ключ **/all**), просмотреть и очистить кэш разрешений DNS (**/displaydns** и **/flushdns**), обновить (**/renew**) или освободить (**/release**) IP-адрес любого интерфейса и т.д. Ниже приведен пример полного вывода информации по интерфейсам для ОС Windows и Linux.

```
C:\> ipconfig  /all
Настройка протокола IP для Windows
      Имя компьютера  . . . . . : titan
      Основной DNS-суффикс  . . . . . :
```

Тип узла. . . . . : гибридный
IP-маршрутизация включена . . . . : нет
WINS-прокси включен . . . . . : нет

VMware Network Adapter VMnet8 - Ethernet адаптер:
DNS-суффикс этого подключения . . :
Описание . . . . . : VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet8
Физический адрес. . . . . : 00-50-56-C0-00-08
Dhcp включен. . . . . : да
Автонастройка включена . . . . . : да
IP-адрес . . . . . : 192.168.136.1
Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
Основной шлюз . . . . . :
DHCP-сервер . . . . . : 192.168.136.254
Основной WINS-сервер . . . . . : 192.168.136.2
Аренда получена . . . . . : 15 марта 2017 г. 17:22:36
Аренда истекает . . . . . : 15 марта 2017 г. 17:52:36
VMware Network Adapter VMnet1 - Ethernet адаптер:
DNS-суффикс этого подключения . . :
Описание . . . . . : VMware Virtual Ethernet Adapter for VMnet1
Физический адрес. . . . . : 00-50-56-C0-00-01
Dhcp включен. . . . . : да
Автонастройка включена . . . . . : да
IP-адрес . . . . . : 192.168.116.1
Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
Основной шлюз . . . . . :
DHCP-сервер . . . . . : 192.168.116.254
Аренда получена . . . . . : 15 марта 2017 г. 17:22:36
Аренда истекает . . . . . : 15 марта 2017 г. 17:52:36
GPON - Ethernet адаптер:
DNS-суффикс этого подключения . . :
Описание . . . . . : Atheros AR8121/AR8113/AR8114 PCI-E Ethernet Controller
Физический адрес. . . . . : 00-24-8C-37-BB-1F
Dhcp включен. . . . . : да
Автонастройка включена . . . . . : да
IP-адрес . . . . . : 192.168.1.102
Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
Основной шлюз . . . . . : 192.168.1.1
DHCP-сервер . . . . . : 192.168.1.1
DNS-серверы . . . . . : 192.168.1.1
Аренда получена . . . . . : 15 марта 2017 г. 16:36:00
Аренда истекает . . . . . : 15 марта 2017 г. 18:36:00
Подключение по локальной сети - Ethernet адаптер:
Состояние сети . . . . . : сеть отключена
Описание . . . . . : Kaspersky Security Data Escort Adapter
Физический адрес. . . . . : 00-FF-5E-89-A0-8F
Подключение по Bluetooth - Ethernet адаптер:
Состояние сети . . . . . : сеть отключена
Описание . . . . . : Bluetooth PAN Network Adapter
Физический адрес. . . . . : 00-08-F4-16-53-A7

[kvg@students ~]$ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
inet 217.71.130.131 netmask 255.255.255.128 broadcast 217.71.130.255

```
        inet6 2001:b08:a:1040:a9ee:5fc5:451f:5cf  prefixlen 128  scopeid 0x0<global>
        inet6 fe80::215:5dff:fe82:8d01  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        inet6 2001:b08:a:1040:215:5dff:fe82:8d01  prefixlen 64  scopeid 0x0<global>
        ether 00:15:5d:82:8d:01  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 100722090  bytes 69784724650 (64.9 GiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 31856075  bytes 10623260236 (9.8 GiB)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING>  mtu 65536
        inet 127.0.0.1  netmask 255.0.0.0
        inet6 ::1  prefixlen 128  scopeid 0x10<host>
        loop  txqueuelen 0  (Local Loopback)
        RX packets 11702641  bytes 7345008270 (6.8 GiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 11702641  bytes 7345008270 (6.8 GiB)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

virbr0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 192.168.122.1  netmask 255.255.255.0  broadcast 192.168.122.255
        ether 52:54:00:d4:60:b6  txqueuelen 0  (Ethernet)
        RX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

В Linux название сетевого интерфейса состоит из его типа и порядкового номера(N). Все сетевые интерфейсы Ethernet в Linux называются ethN, начиная с eth0. Для каждого интерфейса указываются физические и сетевые адреса (ether, inet, inet6), маска сети (netmask), максимальный размер кадра (MTU), число принятых и переданных пакетов (RX packets, TX packets). IP-адрес сетевого интерфейса eth0 из примера – 217.71.130.131.

Интерфейс lo – это интерфейс внутреннего стека TCP/IP (петля или заглушка), предназначенный для отладки сетевого ПО и имеющий IP-адрес 127.0.0.1. Интерфейс virbr0 является виртуальным мостом, который связывает созданные пользователем виртуальные машины с основной машиной.

2.2.2.2 Команда: **nslookup**

Утилита **nslookup** предоставляет интерфейс командной строки для обращения к системе DNS. Она является аналогом службы DNS-клиент и позволяет диагностировать проблемы с разрешением имен в системе DNS. По умолчанию все запросы отправляются на DNS-сервер, адрес которого задан настройками сетевого подклю-

чения (см. команду **ipconfig**). В терминах утилиты такой сервер является сервером по умолчанию (default server).

При запуске **nslookup** без параметров утилита переходит в интерактивный режим, ожидая ввод команд пользователя. Ввод символа "?" или команды **help** (в Windows) отображает справку о внутренних командах и опциях программы **nslookup**. В Linux получение справки проводится с помощью команды **man**.

Ниже приведен результат выполнения команды **nslookup** в Windows и Linux.

```
C:\> nslookup yandex.ru
Server:  UnKnown
Address:  192.168.1.1

Name:    yandex.ru
Addresses:  77.88.55.70, 77.88.55.66, 5.255.255.80, 5.255.255.70

[kvg@students ~]$nslookup yandex.ru
Server:         217.71.130.130
Address:        217.71.130.130#53

Non-authoritative answer:
Name:   yandex.ru
Address: 5.255.255.70
Name:   yandex.ru
Address: 5.255.255.80
Name:   yandex.ru
Address: 77.88.55.66
Name:   yandex.ru
Address: 77.88.55.70
```

Из результатов видно, что поисковая система Яндекс использует несколько IP-адресов. Такой прием часто используется для обеспечения надежности высоконагруженных доменных имен. При этом на запрос, отправленный пользователем, отвечает наименее загруженный сервер.

2.2.2.3 Команда: **ping**

Команда посылает на указанный компьютер эхо-запрос и в течение небольшого промежутка времени ожидает ответа. Если ответ поступает, то программа сообщает пользователю IP-адрес компьютера и время двойного обращения пакета (от момента отправки сообщения до момента получения ответа), иначе выводится сообщение о том, что компьютер не отвечает. ***Ping*** используется для проверки работоспособности отдельных узлов сети и проверки правильности конфигурации сети, т.к. в выполнении этой команды участвуют система маршрутизации, схемы разрешения ад-

ресов и сетевые шлюзы. Если данная команда не работает, то и более сложные инструменты функционировать не будут.

Обязательным аргументом команды **ping** является сетевой или доменный адрес узла, ответ от которого необходимо получить. С помощью дополнительных ключей команды можно задать число отправляемых запросов, время жизни пакета и другие параметры запроса. Ниже приведены результаты работы команды для ОС Windows и ОС Linux

C:\>ping yandex.ru
Обмен пакетами с yandex.ru [77.88.55.66] по 32 байт:

Ответ от 77.88.55.66: число байт=32 время=6мс TTL=59
Ответ от 77.88.55.66: число байт=32 время=2мс TTL=59
Ответ от 77.88.55.66: число байт=32 время=4мс TTL=59
Ответ от 77.88.55.66: число байт=32 время=3мс TTL=59

Статистика Ping для 77.88.55.66:
Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 (0% потерь),
Приблизительное время приема-передачи в мс:
Минимальное = 2мсек, Максимальное = 6 мсек, Среднее = 3 мсек

[kvg@students ~]$ping -c 4 yandex.ru
PING yandex.ru (5.255.255.70) 56(84) bytes of data.
64 bytes from yandex.ru (5.255.255.70): icmp_seq=1 ttl=59 time=0.878 ms
64 bytes from yandex.ru (5.255.255.70): icmp_seq=2 ttl=59 time=0.954 ms
64 bytes from yandex.ru (5.255.255.70): icmp_seq=3 ttl=59 time=1.25 ms
64 bytes from yandex.ru (5.255.255.70): icmp_seq=4 ttl=59 time=1.91 ms

--- yandex.ru ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.878/1.249/1.915/0.411 ms

Обратите внимание, что в Linux для указания количества отправленных пакетов используется ключ **-c**

2.2.2.4 Команда: **tracert**

Утилита **tracert** (в Linux – **traceroute**) предназначена для определения маршрута следования данных в сетях TCP/IP. Она отправляет эхо-запрос указанному узлу сети и выводит сведения о всех промежуточных маршрутизаторах, через которые прошли данные на пути к целевому узлу. В случае проблем при доставке данных до какого-либо узла программа позволяет определить, на каком именно участке сети возникли неполадки.

Для определения промежуточных маршрутизаторов **tracert** отправляет серию пакетов целевому узлу, при этом каждый раз увеличивая на 1 значение поля TTL, указывающее максимальное количество маршрутизаторов, которое может быть пройдено пакетом. Первый пакет отправляется при TTL=1 и поэтому первый же маршрутизатор возвращает обратно сообщение ICMP типа 11 (истечение времени), указывающее на невозможность доставки данных. Программа **`tracert`** фиксирует адрес маршрутизатора и интервал времени между отправкой пакета и получением ответа. Затем **`tracert`** повторяет отправку пакета при TTL=2, что позволяет первому маршрутизатору пропустить пакет дальше. Процесс повторяется до тех пор, пока пакет не достигнет целевого узла и при получении ответа от этого узла трассировка считается завершённой.

На конечном хосте IP-дейтаграмма с TTL = 1 не отбрасывается и передается программному обеспечению протокола ICMP, генерирующему сообщение типа 0.

В Linux-системах программа **traceroute** работает иначе. Она отправляет не ICMP-сообщения типа «эхо-запрос», а UDP фрагменты с таким номером UDP-порта адресата, что он заведомо не используется на адресуемом хосте (более 30000). UDP фрагменты инкапсулируются в IP- пакет, первый из которых имеет значение TTL=1, второй – равное 2 и т.д. Каждый из промежуточных маршрутизаторов выполняет декремент TTL и при значении, равным нулю, направляет отправителю ICMP-сообщение типа 11 (истечение времени). Конечный хост передает UDP фрагмент транспортному уровню, который возвращает ICMP-сообщение об ошибке «порт недоступен». Таким образом, чтобы узнать о завершении работы, программе **`traceroute`** достаточно обнаружить, что поступило ICMP-сообщение типа 3 с кодом ошибки, равным 3.

Утилита **traceroute** может работать в режиме передачи эхо-запросов ICMP. Для этого ее надо запустить с ключом **–I.** Ниже приведены результаты трассировки к сайту *ngs.ru* в Windows и Linux.

C:\> tracert ngs.ru
Трассировка маршрута к ngs.ru [195.93.187.9] с максимальным числом прыжков 30:

```
 1   <1 мс   <1 мс   <1 мс  192.168.1.1
 2   <1 мс   <1 мс   <1 мс  192.168.0.1
```

```
  3    4 ms    4 ms    4 ms  NVSK-BRAS3.sib.ip.rostelecom.ru [213.228.116.9]
  4    4 ms    4 ms    4 ms  ae9.NVSK-RGR5.sib.ip.rostelecom.ru [213.228.109.18]
  5    2 ms    4 ms    4 ms  ae3.NVSK-AR1.sib.ip.rostelecom.ru [213.228.109.51]
  6    1 ms    4 ms    4 ms  1889.egw2.core.ngs.ru [195.93.186.2]
  7    4 ms    4 ms    4 ms  195.93.186.5
  8    4 ms    4 ms    4 ms  webcluster.ngs.ru [195.93.187.9]
Трассировка завершена.
```

```
[kvg@students ~]$traceroute ngs.ru
traceroute to ngs.ru (195.93.187.9), 30 hops max, 60 byte packets
 1  gw-130-208v.ami.nstu.ru (217.71.130.251)  3.763 ms  4.005 ms  4.315 ms
 2  gate.ami.nstu.ru (217.71.130.129)  0.379 ms  0.424 ms  0.447 ms
 3  ix-i.nstu.ru (217.71.131.1)  1.086 ms  1.328 ms  1.294 ms
 4  c6k-720.nstu.ru (217.71.128.67)  1.239 ms  1.161 ms  1.131 ms
 5  nsk-ix.nstu.ru (217.71.128.193)  1.293 ms  1.263 ms  1.333 ms
 6  egw4.core.ngs.ru (193.232.87.32)  1.108 ms  1.056 ms  1.029 ms
 7  195.93.186.5 (195.93.186.5)  1.654 ms  1.729 ms  1.587 ms
 8  webcluster.ngs.ru (195.93.187.9)  1.155 ms  1.129 ms  1.099 ms
```

2.2.2.5 Команда: **netstat**

Утилита **netstat** предназначена для вывода статистики по протоколам и подключениям TCP/IP. При вызове с ключом **–a** программа выводит информацию о состоянии всех активных сокетов с указанием локального и внешнего адресов (ESTABLISHED – соединение установлено, TIME_WAIT - сокет закрыт, но ожидает пакеты, еще находящиеся в сети для обработки, LISTENING – сокет ожидает входящих соединений и т.д.).

Ключ **–r** указывает на необходимость вывода таблицы маршрутизации, а ключ **–s** – необходимость вывода статистики по протоколам. В Linux команда **netstat** с ключом –i выводит информацию о сетевых интерфейсах.

Ниже приведен пример вывода статистики по протоколу IPv4 в Windows и Linux.

```
C:\> netstat -s
Статистика IPv4
  Получено пакетов                  = 18907
  Получено ошибок в заголовках      = 0
  Получено ошибок в адресах         = 58
  Направлено датаграмм              = 0
  Получено неизвестных протоколов   = 0
  Отброшено полученных пакетов      = 138
  Доставлено полученных пакетов     = 18769
  Запросов на вывод                 = 19183
  Отброшено маршрутов               = 0
  Отброшено выходных пакетов        = 0
  Выходных пакетов без маршрута     = 0
  Требуется сборка                  = 0
```

```
  Успешная сборка                   = 0
  Сбоев при сборке                  = 0
  Успешно фрагментировано датаграмм  = 0
  Сбоев при фрагментации датаграмм   = 0
  Создано фрагментов                = 0

Статистика TCP для IPv4
  Активных открыто                            = 781
  Пассивных открыто                   = 87
  Сбоев при подключении               = 3
  Сброшено подключений                = 121
  Текущих подключений                 = 91
  Получено сегментов                  = 17124
  Отправлено сегментов                        = 12765
  Повторно отправлено сегментов       = 4061

Статистика UDP для IPv4
  Получено датаграмм    = 1529
  Отсутствие портов         = 116
  Ошибки при получении  = 0
  Отправлено датаграмм   = 2336
```

[kvg@students ~]$netstat -s

```
Ip:
    76013304 total packets received
    0 forwarded
    0 incoming packets discarded
    67453711 incoming packets delivered
    39648867 requests sent out
    55 dropped because of missing route
```

[kvg@students ~]$netstat -i

```
Kernel Interface table
Iface      MTU    RX-OK     RX-ERR RX-DRP RX-OVR    TX-OK    TX-ERR TX-DRP TX-OVR  Flg
eth0      1500  101285588  0         0          0     32106551      0        0         0       BMRU
lo       65536 11707980      0         0          0     11707980      0        0         0       LRU
virbr0    1500        0           0         0          0           0           0        0         0       BMU
```

2.2.4 Интерактивные средства диагностики IP-сетей

В настоящее время имеется достаточно много различных интерактивных сетевых сервисов, позволяющих решить проблемы пользователей, возникающие при работе с сетью. Такие сервисы условно можно разделить на две группы: предназначенные для сетевых программистов и предоставляющие услуги (хостинг или облачное хранение данных).

К первой группе относятся, например, сервисы **network-tools.com, speed-tester.info, 24whois.ru, seogadget.ru, ip-ping.ru**. Они содержат набор аналитических инструментов для веб-мастеров и позволяют проверить пинг, выполнить трассиров-

ку, определить IP-адрес по заданному доменному имени, получить информацию по указанному IP или доменному адресу, включая его местонахождение, а также выполнить другие аналогичные задачи.

К этой же группе можно отнести сервисы, выполняющие трассировку от указанного пункта в любой точке мира к компьютеру пользователя и отображающие эту трассу на географической карте. Такими сервисами являются, например,

ping-admin.ru, monitis.com/traceroute, yougetsignal.com/tools/visual-tracert и др.

Для сервисов второй группы средства диагностики сетей являются вспомогательными и в основном содержат функцию *whois,* с помощью которой можно получить информацию о владельце сайта, дате регистрации и дате окончания регистрации доменного имени. Примером такого сервиса является **whois.com**.

3. Задание к лабораторной работе

Выполнение лабораторной работы проводится в два этапа. На первом этапе необходимо изучить основные способы диагностики IP-сетей, на втором – спроектировать и реализовать программу, выполняющую основные функции утилит **ping** и **tracert**.

Задания первого этапа выполняются на рабочем компьютере (РК) с установленной ОС Windows и на удаленных серверах. Номер варианта выбирается в соответствии в номером бригады.

3.1. Этап 1

1. Подключиться с помощью клиента Putty к серверу **fpm2.ami.nstu.ru** и с помощью команды **uname** получить полную информацию об установленной операционной системе и аппаратной платформе, полученный результат включить в отчет.
2. Получить статистику по сетевым интерфейсам РК и сервера **fpm2.ami.nstu.ru**, пояснить результаты.
3. Просмотреть содержимое DNS-кэша, пояснить характеристики записей, очистить кэш.
4. Просмотреть содержимое ARP-таблицы, пояснить характеристики записей, выполнить добавление и удаление статических записей.

5. Просмотреть содержимое таблицы маршрутизации, пояснить характеристики записей

6. В командном режиме на РК и на сервере определить IP-адреса поисковых систем в соответствии с вариантом из таблицы 5.1, пояснить результаты.

Таблица 5.1

Вариант	Название
1	google.com
2	google.ru
3	yandex.ru
4	yandex.com
5	rambler.ru
6	rambler.com
7	yahoo.com
8	yahoo.ru
9	ya.ru

7. В командном режиме на РК и на сервере определить IP-адрес узлов сети в соответствии с номером варианта, указанного в таблице 5.2, выполнить его пингование и трассировку.

Таблица 5.2

Вариант	Доменное имя
1	mit.edu, vk.com
2	stanford.edu, twitter.com
3	whitehouse.gov, msu.ru
4	caltech.edu, facebook.com
5	ox.ac.uk, drom.ru
6	ucl.ac.uk, antiplagiat.ru
7	imperial.ac.uk, youtube.com
8	ethz.ch, wikimapia.org
9	uchicago.edu, ifost.org
10	smu.edu.sg, elibrary.ru
11	curtin.edu.sg, twirpx.com

8. С помощью интерактивных сетевых сервисов (например, **ping-admin.ru**) выполнить трассировку, определить местонахождение и владельца узла сети в соответствии с номером варианта, указанного в таблице 5.2. Результат трассировки в виде скриншота географической карты представить в отчете и выполнить его анализ. Начальный пункт трассировки – г. Новосибирск.

3.2. Этап 2

Реализовать Windows- или Linux-приложение, которое будет выполнять основные функции одной из утилит мониторинга сети в соответствии с таблицей 5.3. Результат работы функций должен быть идентичен результату работы программ **ping** и **tracert**.

Таблица 5.3

Вариант	Аналог	ОС	Функция
1	ping	Windows	запрос эхо - повтора
2	tracert	Windows	трассировка маршрута передачи данных
3	ping	Windows	запрос отметки времени
4	ping	Windows	запрос маски сети
5	ping	Linux	запрос эхо - повтора
6	traceroute	Linux	трассировка маршрута передачи данных
7	ping	Linux	запрос отметки времени
8	ping	Linux	запрос маски сети

4. Контрольные вопросы

1. Как определить доступность рабочей станции в сети Интернет?
2. Как определить количество маршрутизаторов на пути от вашего компьютера до требуемого вам узла сети ?
3. На каком уровне модели OSI работают программы **tracert** и **traceroute** ?
4. Назовите основные типы ICMP – сообщений.
5. Назначение поля «Код» в ICMP – сообщении.
6. Основные возможности стандартной утилиты **ping**.
7. Алгоритм работы утилиты **traceroute**.
8. Структура ICMP пакета.
9. Схема инкапсуляции ICMP – пакета в Ethernet – кадр.

Лабораторная работа № 6. Изучение облачной платформы НГТУ

1. Цель работы

Изучить основные принципы использования облачных технологий и создания виртуальных машин на примере корпоративного Облака НГТУ.

2. Методические указания

2.1 Общие сведения

В настоящее время для хранения и обработки информации часто используются облачные технологии. Облачные службы предлагают большое количество услуг и функций для государственных учреждений и коммерческих структур, а также для физических лиц (интернет-магазины, социальные сети, защита важных цифровых документов и т.д.). В отличие от систем удаленного хранения данных, предназначенных для обмена файлами (Яндекс Диск, Google Диск, DropMeFiles и т.д.), облачные системы предоставляют пользователям полноценную вычислительную систему, включающую процессоры, оперативную и внешнюю память, а также разнообразное программное обеспечение (рис.2.1). Ключевым признаком облачных технологий является обработка данных на удаленных серверах.

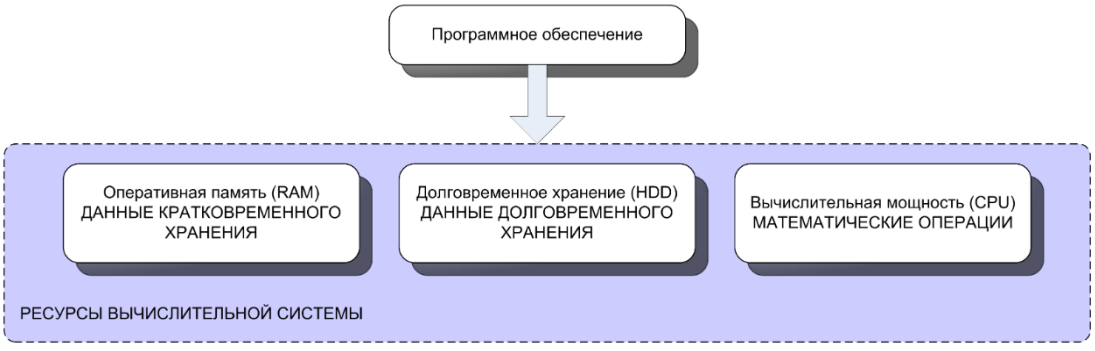


Рис. 2.1 Структура ресурсов Облака

Для выполнения широкого спектра требований в облачных системах используются разные типы серверов, сетей и устройств хранения данных. Пользователям Облака НГТУ выделяются следующие ресурсы:

- виртуальные машины пользователей;
- терминальные серверы общего пользования;
- размещенное в Облаке НГТУ программное обеспечение;

- размещенные в Облаке СУБД MariaDB и PostgreSQL.

Сетевые и вычислительные ресурсы Облака находятся в ведении сотрудников Центра информатизации университета (ЦИУ), доступ к сети НГТУ и сети Интернет осуществляется по собственным каналам связи, находящимся в ведении Центра информационных технологий (ЦИТ). При работе с Облаком пользователь должен выполнять следующие правила:

- использовать ресурсы Облака только в учебной и исследовательской деятельности;
- предпринимать необходимые меры предосторожности для защиты своих виртуальных машин и других ресурсов от несанкционированного доступа;
- не допускать попадания своих регистрационных данных к посторонним лицам;
- соблюдать требования законодательства РФ, в том числе исключить использование нелегального программного обеспечения и не осуществлять действия в сети Интернет и сети НГТУ, которые могут быть расценены как правонарушение;
- не занимать вычислительные ресурсы, если на это нет необходимости в учебной или исследовательской деятельности.

Нарушение положений настоящих правил, в том числе не соответствующее образовательным или научным целям использование сетевых и вычислительных ресурсов НГТУ, может привести к материальному и/или моральному ущербу, создать угрозу для компьютерной безопасности НГТУ.

2.2 Создание виртуального сервера

Вход в облачную платформу НГТУ проводится по адресу https://cloud.nstu.ru/ с использованием учетной записи личного кабинета студента. Управление виртуальными серверами проводиться на панели управления, изображенной на рис. 2.2.

Параметры процессора, памяти и хранилища указываются при создании виртуального сервера и ограничены вашей квотой на ресурсы кластера. Базовые значения квот для студентов следующие:

- число процессорных ядер (vCPU) – 4;
- память (оперативная) – 2 Гб;
- хранилище (внешняя память) – 100 Гб.

Значения vCPU и Память учитываются в квоте только для включенных виртуальных серверов, т.е. при стандартной квоте в 4 vCPU и 4 Гб памяти Вы можете создать несколько серверов по 4 vCPU и 2 Гб ОЗУ, но запустить единовременно сможете только один. Дисковая квота учитывает фактически израсходованное дисковое пространство, поэтому не зависит от того включен сервер или нет.

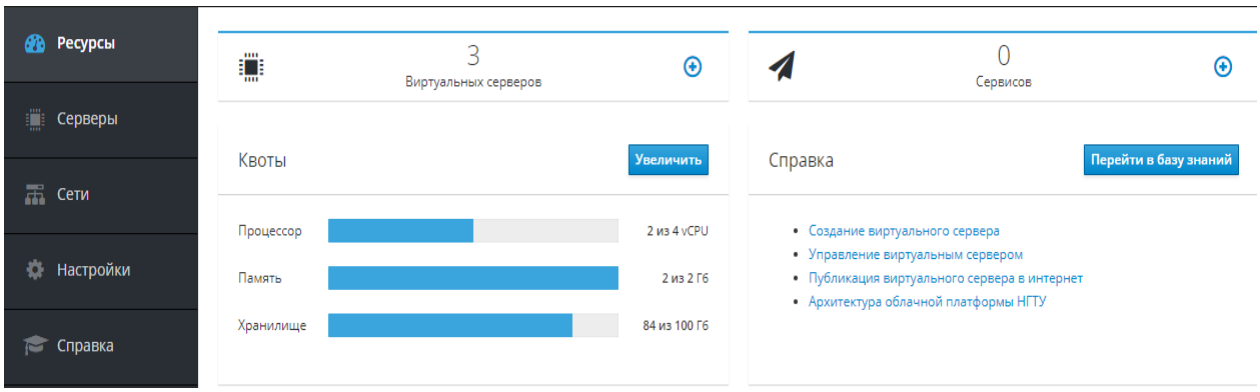


Рис. 2.1 Панель управления

Для того чтобы создать сервер необходимо выполнить следующие этапы. Перейти в панель управления во вкладку «*Серверы*», нажать на кнопку «Создать виртуальный сервер», заполнить поля в появившейся форме (рис.2.3 и рис. 2.4) и нажать на кнопку «*Создать*».

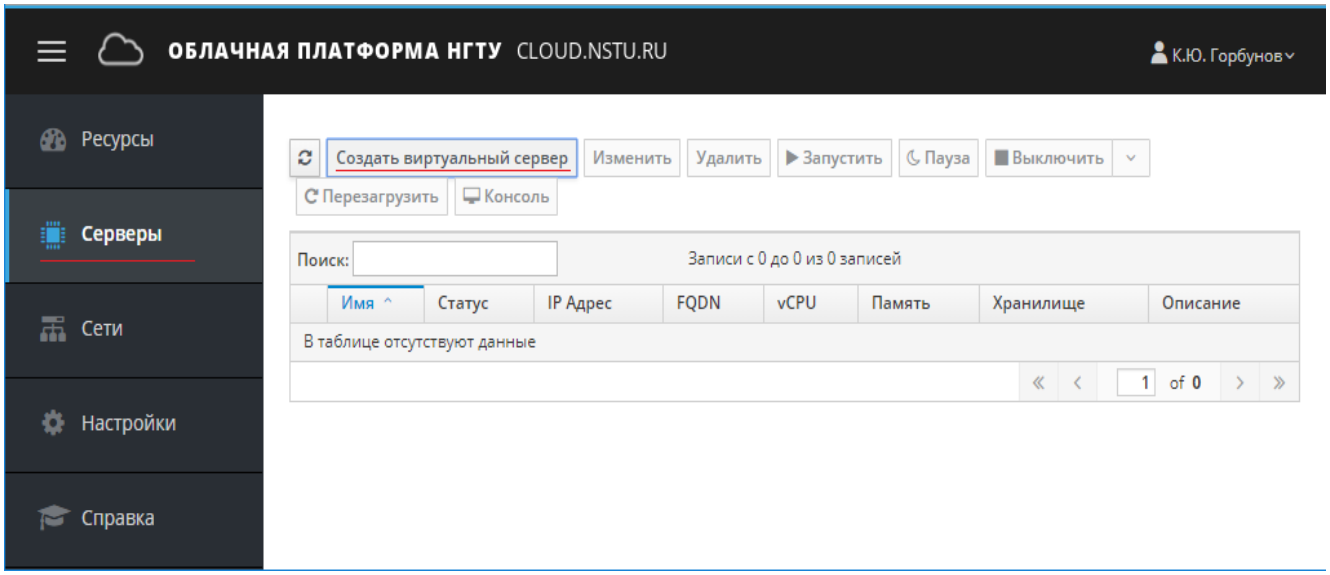


Рисунок 2.2 Управление серверами

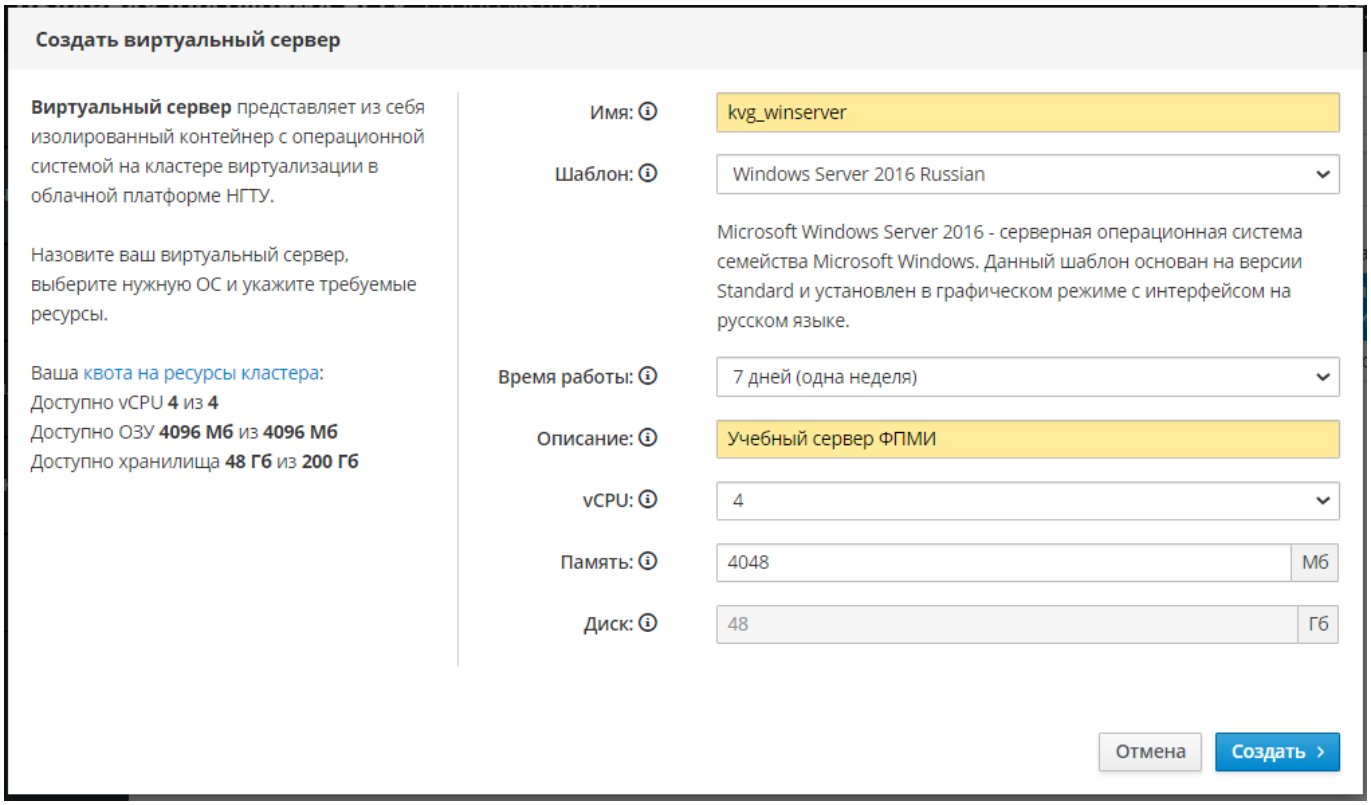


Рис. 2.4 Создание виртуального сервера

Список параметров:

1) *имя* – краткое уникальное имя сервера;

2) *шаблон* – базовая операционная система, от выбора которой зависят минимально допустимые настройки параметров процессора, памяти и диска. Вам будут доступны следующие предустановленные образы операционных систем:

- Windows Server 2016 Russian;
- Windows Server 2016 English;
- Centos 7.5 Linux;
- Fedora Server 28;
- Debian Linux 9;
- Ubuntu Server 18.04 LTS.

3) *время работы* – разрешенное время непрерывной работы сервера без перезагрузки, по истечении времени работы сервер выключается автоматически.

4) *описание* - произвольное описание, используется для удобства управления сервером в дальнейшем;

5) *vCPU* – количество процессорных ядер, можно указать любое значение в пределах квоты;

6) *память* – количество оперативной памяти в мегабайтах, можно указать любое значение в пределах квоты;

7) *диск* – объем системного диска в гигабайтах, для разных шаблонов заранее определен его минимальный размер.

2.3 Управление виртуальным сервером

Для выполнения любых действий с сервером необходимо выделить конкретную строку в списке всех созданных серверов, отображаемых на вкладке «*Серверы*» (рис. 2.5), и нажать соответствующую кнопку. Возможны следующие действия:

- создание и удаление;
- включение, выключение и перезагрузка операционной системы;
- изменение параметров;
- работа с виртуальным монитором.

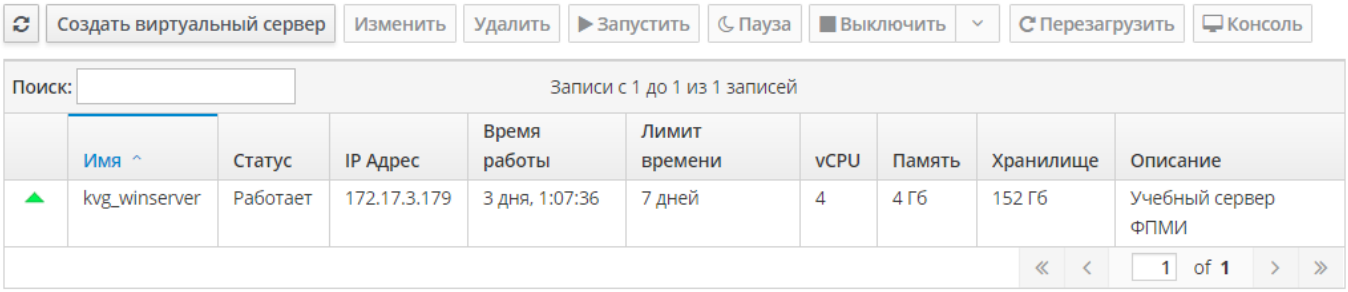


Рис. 2.3 Вкладка «Серверы»

У каждого сервера есть два состояния – выключен и включен, по аналогии с обычным компьютером. Во включенном состоянием он потребляет все выделенные ресурсы (память и процессорное время), а в выключенном состоянии операционная система не загружена и сервер потребляет только ресурс хранения.

Для включения виртуального сервера используйте кнопку *«Запустить»*, для выключения – кнопку *«Выключить»*. Кнопка *«Пауза»* используется для сохранения текущего состояния оперативной памяти на жесткий диск, операция аналогична гибернации на персональных компьютерах. Если виртуальный сервер более не требуется, то его можно удалить с дисковой системы кнопкой *«Удалить»*, данное действие доступно только в выключенном состоянии. Для первоначальной настройки или задач восстановления может потребоваться прямой доступ к экрану виртуального сервера, для этого во включенном состоянии используется кнопка *«Консоль»*.

После запуска сервера перейдите в *«Консоль»*. Вам предложат ввести логин и пароль. В зависимости от образа операционной системы установлены различные пароли встроенных администраторов:

- для всех GNU\Linux (Centos, Fedora, Debian) используется логин **root,** пароль **Pa$$w0rd!**
- для всех версий Windows необходимо задать пароль самостоятельно через консоль веб-интерфейса.

Вы можете отредактировать некоторые параметры сервера (рис. 2.6). Например, можно увеличить или уменьшить объем оперативной памяти, системного диска или изменить количество процессорных ядер. Кнопка *«Изменить»* доступна только в выключенном состоянии.

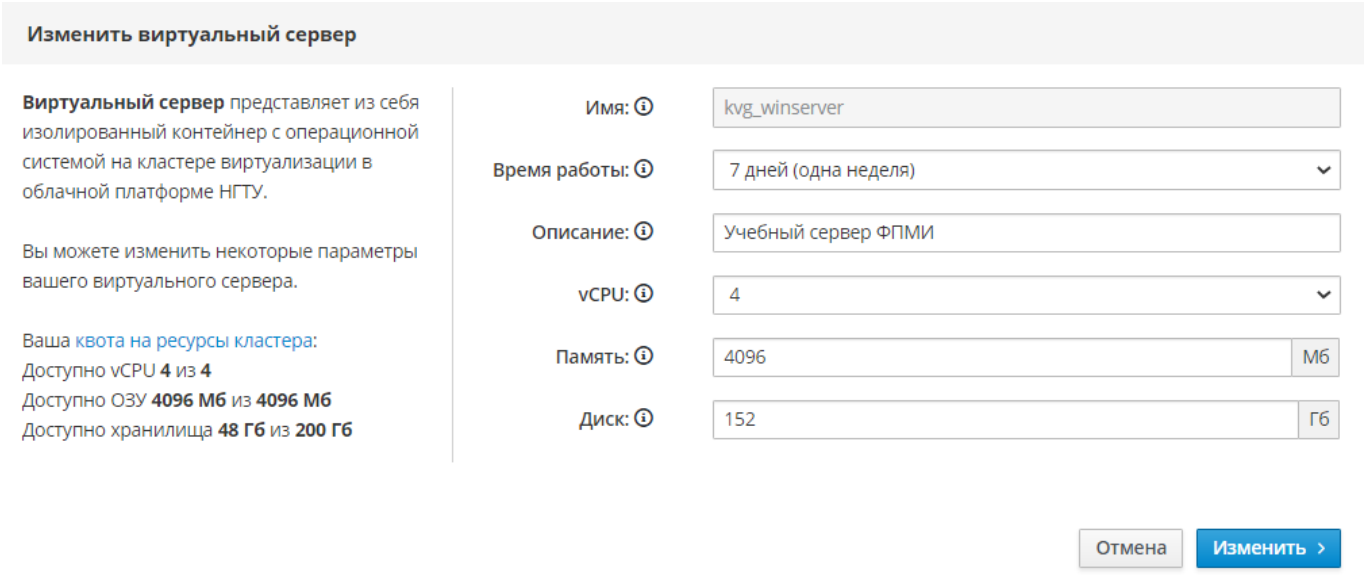


Рис. 2.4 Панель изменения параметров сервера

Для удаленной работы с ресурсами виртуального сервера необходимо опубликовать его в сети Интернет. НГТУ использует для адресации публичные IP-адреса, поэтому публикация в Интернет сделает доступным ваш сервер из любой сети.

Изначально виртуальный сервер получает IP-адрес из внутренней сети Облака в диапазоне от 172.17.2.1 – 172.17.3.254, через веб-интерфейс вы можете указать номера портов TCP/IP, которые вам необходимо сделать доступными публично. Настройка публикаций происходит на вкладке «Сети» (рис. 2.7).

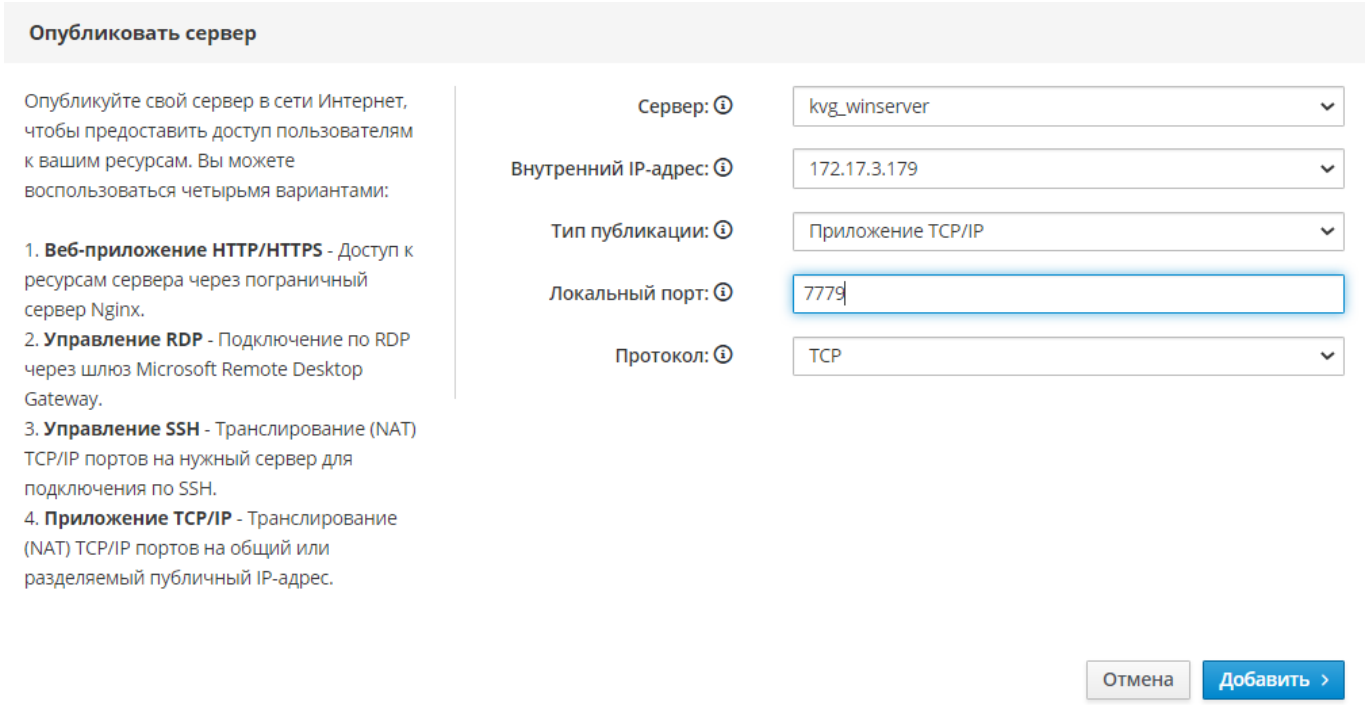


Рис. 2.7 Публикация сервера

После нажатия кнопки «Добавить» ваш сервер будет выставлен для публичного доступа (рис.2.8), после чего вы можете подключаться к серверу удаленно. Для этого необходимо использовать внешний IP-адрес и порт.

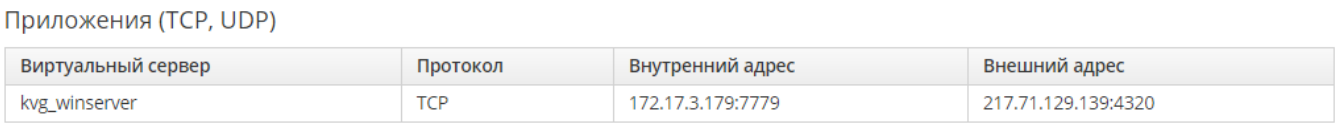


Рис. 2.8 Опубликованный сервер

2.4 Создание компьютерной сети в Облаке

Сетевое программное обеспечение (ПО) обычно имеет два компонента – серверную и клиентскую. Серверная часть после загрузки в память компьютера переводится в режим ожидания запросов. Удаленные клиенты устанавливают соединение с сервером, обращаются к нему с запросами, получают ответы, после чего соединение разрывается. Такая технология сетевого взаимодействия называется «клиент-серверной».

Одной из основных проблем, встающих перед разработчиками сетевого ПО, является проблема отладки и тестирования, т.к. для этого необходимо иметь несколько компьютеров, подключенных к локальной или глобальной сети, что не всегда представляется возможным. Облачная платформа, обладающая мощными вы-

числительными ресурсами, предоставляет пользователю возможность создания виртуальной компьютерной сети. Использование такой сети позволяет проводить отладку и тестирование сетевого многопоточного ПО с одновременным подключением к серверу нескольких клиентов.

Облачная платформа НГТУ выделяет студентам только один облачный сервер. Поэтому для организации отладки и тестирования сетевых приложений возможны три варианта:

1. каждый студент создает собственный облачный сервер, загружает на него серверную и клиентскую части своего приложения и использует для тестирования локальную петлю (127.0.0.1);

2. каждый студент создает собственный облачный сервер и получает для него публичный IP-адрес. Таким образом бригада может организовать обмен данными, загрузив на сервер одного студента клиентскую часть своего приложения, а на сервер другого студента – серверную часть приложения.

3. бригада создаёт один облачный сервер, загружает на нем среду виртуализации на основе Oracle VirtualBox и в этой среде устанавливает несколько виртуальных машин (ВМ), каждая из которых будет иметь собственный локальный IP-адрес. Эти ВМ можно объединить во внутреннюю сеть и использовать для отладки и демонстрации работы своих программ. Например, на одну ВМ можно загрузить сервер, а на две другие ВМ загрузить клиентские программы и работать в чате (рис. 2.9).

Для создания сети ВМ надо выполнить следующие действия:

- создать облачный сервер, как это описано выше;
- на сервере запустить браузер, скачать с сайта производителя https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads дистрибутив Oracle VirtualBox и установить среды виртуализации на сервер;
- создать и настроить необходимое число ВМ в соответствии с технологией, изученной в лабораторном практикуме по курсу «Операционные системы». Можно также использовать информацию из [4].
- объединить созданные ВМ в локальную сеть, указав в настройках каждой ВМ тип подключения «Внутренняя сеть» и имя сети (рис.2.10).

Первый вариант является самым простым и дает возможность проверить работоспособность приложения, но для более углубленного изучения сетевых технологий при выполнении лабораторной работы рекомендуется использовать другие варианты.

Справку по облачной платформе можно получить по адресу https://cloud.nstu.ru/wiki/

3. Задание к лабораторной работе

1. Создать облачный сервер, имя которого должно содержать номер группы и бригады, например pmi-8105. Параметры сервера можно указать любые в пределах своей квоты, Выбор операционной системы (Windows или GNU\Linux) зависит от того, в какой из них должно работать Ваше сетевое приложение.
2. Выполнить публикацию облачного сервера в Интернете, указав тип публикации «Приложение TCP/IP». В качестве локального порта укажите номер порта, связанный с сокетом Вашего серверного приложения.
3. Загрузить на облачный сервер Ваши приложения, разработанные при выполнении лабораторных работ № 2 и № 3, при необходимости внесения изменений в исходные тексты программ установить среду разработки.
4. Выбрать один из вариантов организации сетевого взаимодействия серверного и клиентского приложений, изложенных в разделе 2.4, и реализовать этот вариант.

Выполнение работы по варианту №1 будет оцениваться в 25 % от максимального балла, по варианту № 2 – 50 %, по варианту № 3 – 100 %.

3. Контрольные вопросы.

1. Назначение облачной платформы.
2. Порядок создания облачного сервера.
3. Что такое публикация облачного сервера, типы публикации.
4. Варианты отладки сетевых приложений в облачной платформе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети . Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов, 4-е изд.– СПб: Питер, 2010. - 944 с.

2. Камер Дуглас. Компьютерные сети и Internet. Разработка приложений для Internet: Пер. с англ. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2002.-640с.

3. 2.Куроуз Дж., Росс К. Компьютерные сети. Многоуровневая архитектура Интернета. 2-е изд. –СПб.: Питер, 2004. -765с.

4. Поисов Д. А. Начинаем работать с VirtualBox, http://all-ht.ru/inf/vpc/VirtualBox.html

5. Семёнов Ю.А. (ГНЦ ИТЭФ), Телекоммуникационные технологии. http://citforum.ru/nets/semenov/

Пример API-интерфейса прикладного программирования для обмена данными по сети.

Пример кода эхо-сервера

server.cpp

```
#pragma comment (lib,"Ws2_32.lib")
#include <winsock2.h>
#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <string>
using namespace std;
int main(void)
{
    WORD sockVer;
    WSADATA wsaData;
    int retVal;
    sockVer = MAKEWORD(2,2);
    WSAStartup(sockVer, &wsaData);
    //Создаем сокет
    SOCKET servSock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP);

    if(servSock == INVALID_SOCKET)
    {
        printf("Unable to create socket\n");
        WSACleanup();
          system("pause");
        return SOCKET_ERROR;
    }

   SOCKADDR_IN sin;
    sin.sin_family = PF_INET;
    sin.sin_port = htons(3114);
    sin.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;

    retVal = bind(servSock, (LPSOCKADDR)&sin, sizeof(sin));
    if(retVal == SOCKET_ERROR)
    {
        printf("Unable to bind\n");
        WSACleanup();
          system("pause");
        return SOCKET_ERROR;
    }
   printf("Server started at %s, port %d\n", inet_ntoa(sin.sin_addr), htons(sin.sin_port));
   while(true)
   {
          //Пытаемся начать слушать сокет
          retVal = listen(servSock, 10);
          if(retVal == SOCKET_ERROR)
          {
                printf("Unable to listen\n");
                WSACleanup();
                  system("pause");
                return SOCKET_ERROR;
          }
          //Ждем клиента
          SOCKET clientSock;
          SOCKADDR_IN from;
          int fromlen=sizeof(from);
          clientSock = accept(servSock, (struct sockaddr*)&from, &fromlen);
          if(clientSock == INVALID_SOCKET)
```

```
            {
                    printf("Unable to accept\n");
                    WSACleanup();
                    system("pause");
                    return SOCKET_ERROR;
            }
           printf("New connection accepted from %s, port %d\n", inet_ntoa(from.sin_addr),
           htons(from.sin_port)) ;
           char szReq[256];
           retVal = recv(clientSock, szReq, 256, 0);
           //Пытаемся получить данные от клиента
           if(retVal == SOCKET_ERROR)
            {
                    printf("Unable to recv\n");
                    system("pause");
                    return SOCKET_ERROR;
            }
           printf("Data received\n");
           string s = (const char*) szReq;
           if(s[0]=='s')// Команда на выключение сервера
            {
                    char *szResp = "Server shutdown";
                    retVal = send(clientSock, szResp, 256, 0);

                    closesocket(clientSock);
                    break;
            }
           else
            {
                  istringstream ss(s);
                  int a, b;
                  ss >> a;
                  ss >> b;
                  char szResp[256];
                  sprintf(szResp,"%d", a+b);

                  //Пытаемся отослать данные клиенту
                  printf("Sending response from server\n");
                  retVal = send(clientSock, szResp, 256, 0);

                  if(retVal == SOCKET_ERROR)
                  {
                         printf("Unable to send\n");
                         system("pause");
                         return SOCKET_ERROR;
                  }
              closesocket(clientSock);
                 printf("Connection closed\n");
        }
    }
    //Закрываем сокет
     closesocket(servSock);
     WSACleanup();
     return 0;
}
```

Пример кода клиента службы эхо - повтора

client.cpp

```
#pragma comment (lib,"Ws2_32.lib")
#include <stdio.h>
#include <winsock2.h>
#include <string>
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    WORD ver = MAKEWORD(2,2);
    WSADATA wsaData;
    int retVal=0;
    WSAStartup(ver,(LPWSADATA)&wsaData);
    LPHOSTENT hostEnt;
    hostEnt = gethostbyname("localhost");
    if(!hostEnt)
    {
        printf("Unable to collect gethostbyname\n");
        WSACleanup();
              system("pause");
        return 1;
    }
    //Создаем сокет
    SOCKET clientSock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, IPPROTO_TCP);
    if(clientSock == SOCKET_ERROR)
    {
        printf("Unable to create socket\n");
        WSACleanup();
              system("pause");
        return 1;
    }
    string ip;
    cout << "ip>";
    cin >> ip;
    cin.ignore();

    SOCKADDR_IN serverInfo;
    serverInfo.sin_family = PF_INET;
       serverInfo.sin_addr.S_un.S_addr = inet_addr(ip.c_str());
    serverInfo.sin_port = htons(3114);
    //Пытаемся присоединится к серверу по ip и port
    retVal=connect(clientSock,(LPSOCKADDR)&serverInfo, sizeof(serverInfo));
    if(retVal==SOCKET_ERROR)
    {
        printf("Unable to connect\n");
        WSACleanup();
              system("pause");
        return 1;
    }
    printf("Connection made sucessfully\n");
       printf("Enter a and b or 'stop' to shutdown server\n");
       char pBuf[256];
       gets(pBuf);
    printf("Sending request from client\n");
    //Отсылаем данные на сервер
    retVal = send(clientSock, pBuf, strlen(pBuf), 0);
    if(retVal == SOCKET_ERROR)
    {
        printf("Unable to send\n");
        WSACleanup();
              system("pause");
        return 1;
    }
    char szResponse[256];
       //Пытаемся получить ответ от сервера
    retVal = recv(clientSock, szResponse, 256, 0);
```

```
    if(retVal == SOCKET_ERROR)
    {
        printf("Unable to recv\n");
        WSACleanup();
                system("pause");
        return 1;
    }
       char *Resp;
       Resp = szResponse;
       if(pBuf[0] != 's')
           printf("a + b = %s\n",Resp);
       else
              printf("%s\n",Resp);
    closesocket(clientSock);
    WSACleanup();
    system("pause");
    return 0;
}
```

Приложение 2

Основные единицы обмена для различных уровней стека TCP/IP

2.1. Типы кадров технологии Ethernet (размеры полей указаны в байтах)

Форматы четырех типов кадров Ethernet

Кадр 802.3/LLC

6	6	2	1	1	1(2)	46–1497 (1496)	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	Data	FCS
			Заголовок LLC				

Кадр Raw 802.3/Novell 802.3

6	6	2	46–1500	4
DA	SA	L	Data	FCS

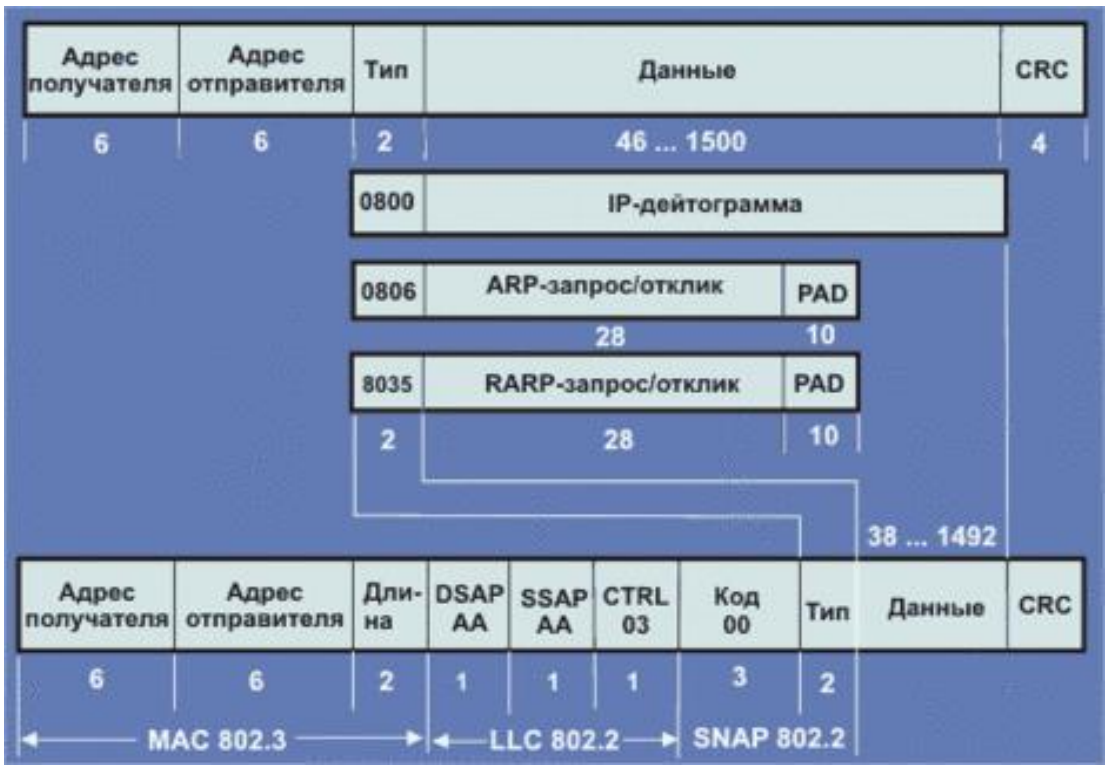
Кадр Ethernet DIX (II)

6	6	2	46–1500	4
DA	SA	T	Data	FCS

Кадр Ethernet SNAP

6	6	2	1	1	1	3	2	46–1492	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	OUI	T	Data	FCS
			AA	AA	03	000000			
			Заголовок LLC			Заголовок SNAP			

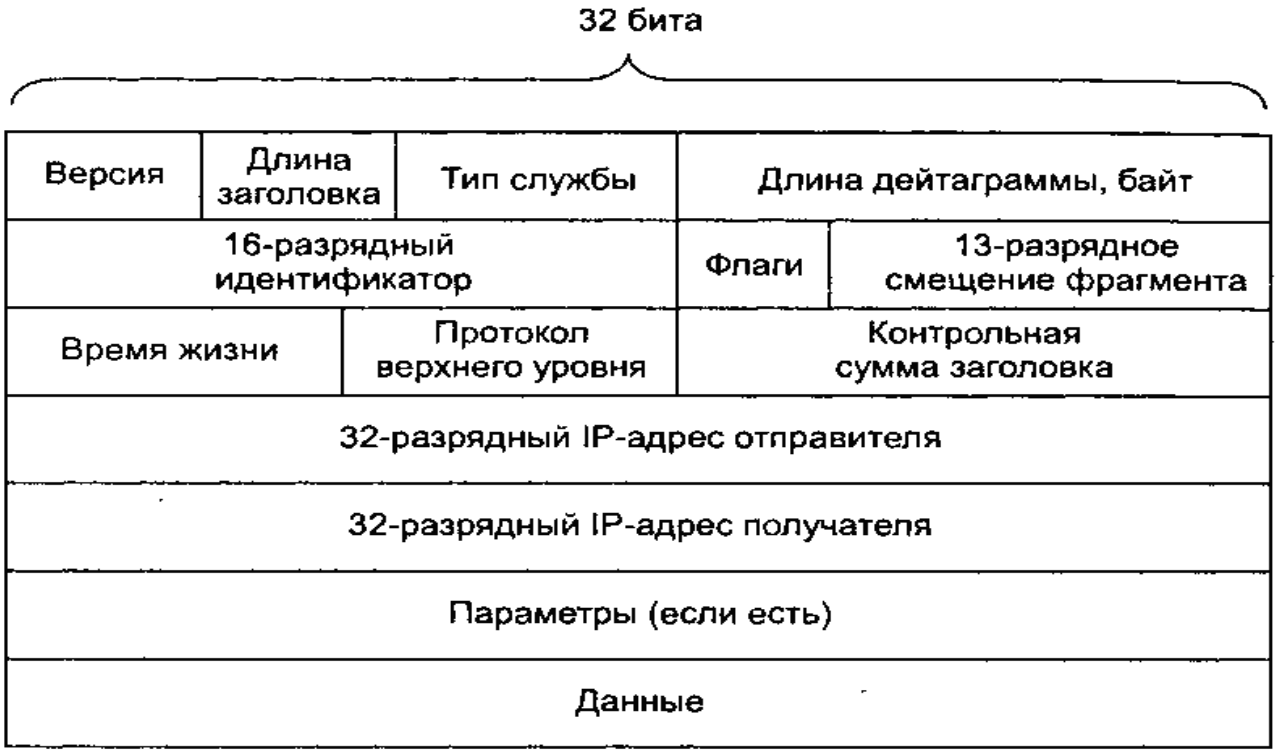
2.2. Ethernet инкапсуляция (RFC 894, размеры полей указаны в байтах.)



2.3. Алгоритм определения формата кадра

Отличить один формат кадра Ethernet от другого не представляет большого труда, и сделать это можно с помощью следующего простого алгоритма. Сначала программа должна проверить значение поля типа протокола/длины кадра (13-й и 14-й байты в заголовке). Если записанное там значение превышает 0x05FE (максимально возможная длина кадра), то это кадр Ethernet_II. Если значение поля типа не превышает величину 1500 то, следует продолжить проверку. Если первые два байта поля данных равны 0xFFFF, то это формат Ethernet_802.3 для NetWare 3.x. В противном случае это стандартный формат кадра 802.2, и остается только выяснить, какой из двух - обычный (Ethernet_802.2) или расширенный (Ether-net_SNAP). В случае Ethernet_SNAP значение первого, впрочем, как и второго, байта в поле данных равняется 0xAA. (Значение третьего байта равняется 0x03, но это проверять излишне.)

2.4. Ключевые поля IPv4-дейтаграммы.



□ ***Версия.*** Четыре бита в этом поле определяют номер версии протокола IP. По этому номеру маршрутизатор может определить, как интерпретировать осталь-

ные поля IP-дейтаграммы. В различных версиях протокола IP применяются различные форматы IP-дейтаграмм. На рисунке показан формат дейтаграммы текущей версии протокола IP **(IPv4)**.

□ ***Длина заголовка.*** Поскольку IPv4-дейтаграмма может содержать разное количество необязательных полей параметров (включаемых в заголовок IPv4-дейтаграммы), эти четыре бита необходимы для того, чтобы определить, где заканчивается заголовок и начинаются данные. В большинстве IP-дейтаграмм не содержатся поля параметров, поэтому обычно заголовок IP-дейтаграммы 20-байтный.

□ ***Тип службы.*** Поле типа службы (Type Of Service, TOS) было включено в заголовок IPv4-дейтаграммы, чтобы была возможность разделять IP-дейтаграммы на типы (например, выделять дейтаграммы, для которых требуется низкая задержка, или высокая пропускная способность, или высокая надежность). Так, может оказаться полезным отличать дейтаграммы реального времени (например, используемые в IP-телефонии) от прочего трафика (например, FTP).

□ ***Длина дейтаграммы.*** Это полная длина IP-дейтаграммы (*заголовок плюс данные*) в байтах. Поскольку размер этого поля равен 16 бит, теоретически максимальный размер IP-дейтаграммы может составлять 65 535 байт. Однако размер дейтаграмм редко превосходит 1500 байт и обычно ограничивается значением 576 байт.

□ ***Идентификатор, флаги, смещение фрагмента.*** Эти три поля имеют отношение к так называемой IP-фрагментации. Этот вопрос мы подробно рассмотрим чуть позже. Интересно отметить, что новая версия протокола IP (IPv6) запрещает фрагментацию в маршрутизаторах.

□ ***Время жизни.*** Поле времени жизни (Time To Live, TTL) позволяет гарантировать, что дейтаграммы не будут вечно циркулировать в сети (например, из-за существующей в течение долгого времени маршрутной петли). Значение этого поля уменьшается на единицу на каждом маршрутизаторе. Когда значение поля TTL достигает нуля, маршрутизатор отбрасывает дейтаграмму.

□ ***Протокол.*** Это поле используется только тогда, когда IP-дейтаграмма достигает конечного адресата. Значение поля определяет протокол транспортного уровня, которому следует передать данные из IP-дейтаграммы. Например, значение

6 означает, что порция данных должна быть передана протоколу TCP, а значение 17 — протоколу UDP. Список всех возможных номеров имеется в RFC 1700, RFC 3232. Обратите внимание, что роль номера протокола в IP-дейтаграмме полностью аналогична роли номера порта в сегменте транспортного уровня. Номер протокола представляет собой «клей», связывающий вместе сетевой и транспортный уровни, тогда как номер порта связывает транспортный уровень с прикладным (в кадре канального уровня также есть специальное поле, связывающее канальный уровень с сетевым уровнем).

□ ***Контрольная сумма заголовка.*** Контрольная сумма заголовка помогает маршрутизатору обнаруживать ошибки в полученных IP-дейтаграммах. Контрольная сумма заголовка вычисляется путем суммирования всех двухбайтовых слов заголовка в дополнительном коде. Маршрутизатор вычисляет контрольную сумму заголовка для каждой полученной дейтаграммы и таким образом проверяет ошибки в заголовке. Как правило, маршрутизаторы отбрасывают дейтаграммы, в которых обнаруживают ошибки. Обратите внимание, что контрольную сумму нужно вычислять заново и снова сохранять в поле заголовка на каждом маршрутизаторе, так как на единицу уменьшается поле времени жизни, могут также измениться поля параметров (описание быстрых алгоритмов для вычисления контрольной суммы заголовка IP-дейтаграммы содержится в RFC 1071).

□ ***IP-адреса отправителя и получателя.*** Эти поля содержат 32-разрядные IP-адреса отправителя и конечного получателя IP-дейтаграммы.

□ ***Параметры.*** Поле параметров позволяет расширить IP-заголовок. Параметры заголовка представляют собой редко используемые необязательные поля IP-дейтаграммы.

□ ***Данные (полезная нагрузка).*** Наконец, мы добрались до последнего, самого важного поля, ради которого и существует дейтаграмма! В большинстве случаев поле данных IP-дейтаграммы содержит сегмент транспортного уровня (TCP или UDP), который необходимо доставить адресату. Однако поле данных может содержать и другие типы данных, например сообщения протокола ICMP.

2.5. Формат UDP-сообщений

Формат UDP-дейтаграммы.

Основные поля:

Длина UDP-сообщения равна числу байт в UDP-дейтаграмме, включая заголовок.

Контрольная сумма содержит код, полученный в результате контрольного суммирования UDP-заголовка и поля данные. (Не трудно видеть, что этот протокол использует заголовок минимального размера (***8 байт***)).

Номера портов от 0 до 1023 стандартизованы - использовать их в прикладных задачах не рекомендуется, поэтому прежде, чем использовать какой-то порт в своей программе, следует заглянуть в RFC-1700.

2.6. Формат TCP - сегмента

Протокол **TCP (transmission control protocol**, RFC-793, -1323, -1644[T/TCP], -2018, -2581, -2582[RENO], -2861, -2873, -2883[SACK], -2923[MTU], -2988[RTO], -3293[GSMP], -3448[TFRC], -3465, -3481) в отличии от UDP осуществляет доставку дейтограмм, называемых сегментами, в виде байтовых потоков с установлением соединения. Протокол TCP применяется в тех случаях, когда требуется гарантированная доставка сообщений. Он использует контрольные суммы пакетов для проверки их целостности, и освобождает прикладные процессы от необходимости таймаутов и повторных передач для обеспечения надежности. Для отслеживания подтверждения доставки в TCP реализуется алгоритм "скользящего" окна. Внутренняя структура модуля TCP гораздо сложнее структуры UDP. Подобно UDP прикладные процессы взаимодействуют с модулем TCP через порты. Под байтовыми потоками здесь подразумевается то, что один примитив, например, **read** или **write** может вызвать посылку адресату последовательности сегментов, которые образуют некоторый блок данных (сообщение).

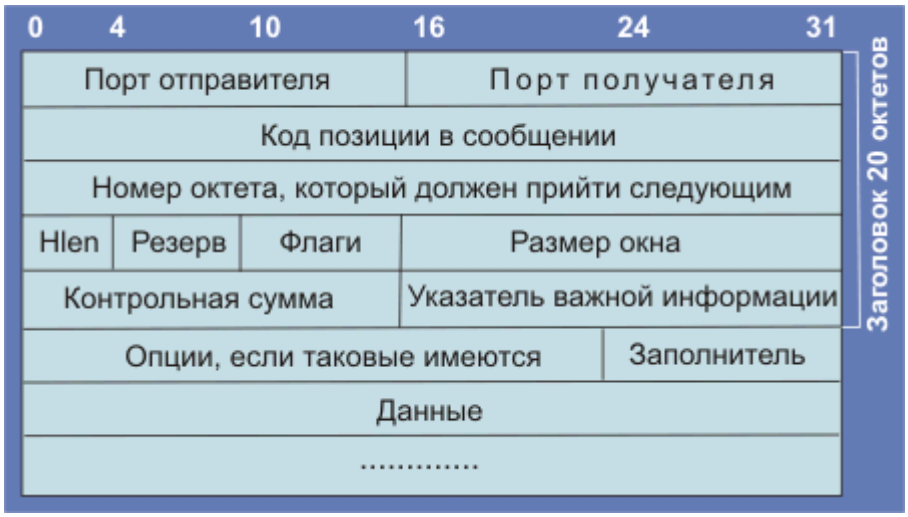
Хотя протоколы UDP и TCP могли бы для сходных задач использовать разные номера портов, обычно этого не происходит. Модули TCP и UDP выполняют функции мультиплексоров/демультиплексоров между прикладными процессами и IP-модулем. При поступлении пакета в модуль IP он будет передан в TCP- или UDP-модуль согласно коду, записанному в поле протокола данного IP-пакета.

Если IP-протокол работает с адресами, то TCP, также как и UDP, с портами. Именно с ***номеров портов*** отправителя и получателя начинается заголовок TCP-сегмента.

Поле ***код позиции в сообщении*** определяет порядковый номер первого октета в поле данных пользователя.

Поле ***Hlen*** – определяет длину заголовка сегмента, которая измеряется в 32-разрядных словах.

Далее следует поле ***резерв***, предназначенное для будущего использования, в настоящее время должно обнуляться.



Формат TCP сегмента

Поле ***размер окна*** сообщает, сколько октетов готов принять получатель. Окно имеет принципиальное значение, оно определяет число сегментов, которые могут быть посланы без получения подтверждения. Значение ширины окна может варьироваться во время сессии. Значение этого поля равное нулю также допустимо и указывает, что байты вплоть до указанного в поле *номер октета, который должен прийти следующим*, получены, но адресат временно не может принимать данные. Разрешение на посылку новой информации может быть дано с помощью посылки

сегмента с тем же значением поля *номер октета, который должен прийти следующим*, но ненулевым значением поля ширины окна.

Поле ***контрольная сумма*** предназначено для обеспечения целостности сообщения.

Поле ***указатель важной информации*** представляет собой указатель последнего байта, содержащий информацию, которая требует немедленного реагирования.

Поле ***опции*** зарезервировано на будущее и в заголовке может отсутствовать, его размер переменен и дополняется до кратного 32-бит с помощью поля *заполнитель*.

Поле ***данные*** в TCP-сегменте может и отсутствовать, характер и формат передаваемой информации задается исключительно прикладной программой, максимальный размер этого поля составляет в отсутствии опций 65495 байт. TCP является протоколом, который ориентируется на согласованную работу хостов и программного обеспечения партнеров, участвующих в обмене информацией.