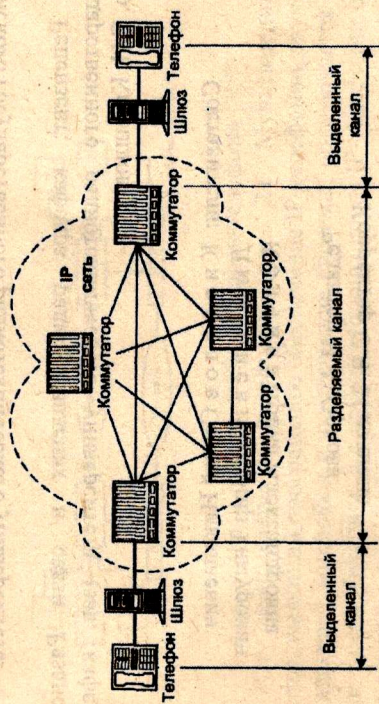


ПРОЦЕДУРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ IP-СЕТЕЙ

Методические указания к лабораторной работе



Процедура проектирования IP-сетей: методические указания к лабораторной работе / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: С.Н. Кириллов, В.Т. Дмитриев, И.А. Колчина. Рязань, 2011. 12 с.

Содержат материал для выполнения лабораторной работы, посвященной изучению процедуры проектирования IP-сетей в многоканальных телекоммуникационных системах. Рассмотрены методы передачи речевых сигналов по IP-сетям. Исследуется проектирование сетей связи с помощью специального программного обеспечения.

Предназначены для студентов специальности 210404 «Многоканальные телекоммуникационные системы» и бакалавров по направлению 210700_62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», обучающихся по курсу «Сети связи и системы коммутации».

Ил. 5. Библиогр.: 4 назв.

IP-сети, компьютерная телефония, проектирование сетей связи

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета.

Рецензент: кафедра радиоуправления и связи Рязанского государственного радиотехнического университета (зав. кафедрой проф. С.Н. Кириллов)

Составители: К и р и л л о в Сергей Николаевич
Д м и т р и е в Владимир Тимурович
К о л ч и н а Ирина Александровна

Редактор Н.А. Орлова
Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 30.09.11. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага газетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,75.

Тираж 100 экз. Заказ 2459

Рязанский государственный радиотехнический университет.
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редационно-издательский центр РГРТУ.

Цель работы

Изучение теоретических основ сетей IP-телефонии; получение практических навыков проектирования сетей IP-телефонии в программном продукте *OpNet IT Guru Academic Edition v.9.1* и анализ полученных результатов.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Под IP-телефонией понимают технологию, позволяющую использовать любую сеть с пакетной коммутацией на базе протокола IP в качестве средства организации и ведения международных, междугородных и местных телефонных разговоров и передачи факсов в режиме реального времени.

За рубежом технология передачи голосовой информации с использованием протокола IP имеет устоявшееся название Voice over IP (VoIP).

1.1. Виды соединений в сети IP-телефонии

Сети IP-телефонии предоставляют возможности для вызовов четырех основных типов.

1 «От телефона к телефону» (рис. 1) Вызов идет с обычного телефонного аппарата к АТС, на один из выходов которой подключен шлюз IP-телефонии, и через IP-сеть доходит до другого шлюза, который осуществляет обратные преобразования.

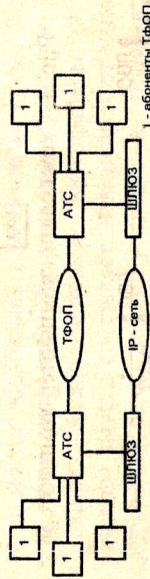


Рис. 1. Схема связи «телефон-телефон»

2 «От компьютера к телефону» (рис. 2). Мультимедийный компьютер, имеющий программное обеспечение IP-телефонии, звуковую плату (адаптер), микрофон и акустические системы, подключается к IP-сети или к сети Интернет, а с другой стороны шлюз IP-телефонии имеет соединение через АТС с обычным телефонным аппаратом.

Следует отметить, что в соединениях 1 и 2 типов вместо телефонных аппаратов могут быть включены факсимильные аппараты и в этом случае сеть IP-телефонии должна обеспечивать передачу факсимильных сообщений.

3 «От компьютера к компьютеру» (рис. 3). В этом случае соединение устанавливается через IP-сеть между двумя мультимедийными

компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с IP-телефонией.

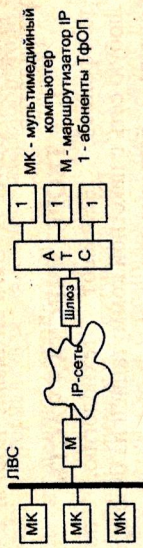


Рис. 2. Схема связи «компьютер - телефон»

4. «От WEB браузера к телефону» (рис. 4). С развитием сети Интернет стал возможен доступ и к речевым услугам. Например, на WEB-странице некоторой компании в разделе «Контакты» размещается кнопка «Вызов», нажав на которую, можно осуществить речевое соединение с представителем данной компании без набора телефонного номера. Стоимость такого звонка для вызывающего пользователя входит в стоимость работы в сети Интернет.

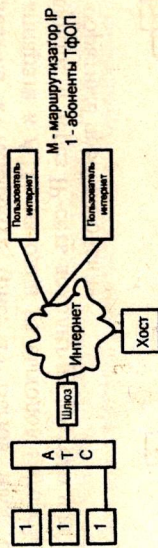


Рис. 3. Схема связи «компьютер-компьютер»

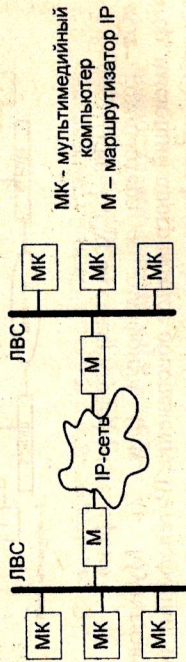


Рис. 4 - Схема связи «WEB браузер - телефон»

1.2. Особенности передачи речевой информации по IP - сетям
Задержки При передаче речи по IP-сети возникают намного больше, чем в ТФОП, задержки, которые к тому же изменяются случайным образом. Этот факт представляет собой проблему и сам по себе, но кроме того, усложняет такую проблему, как эхо. Задержка (или время запаздывания) определяется как промежуток времени, затрачиваемый на то, чтобы речевой сигнал прошел расстояние от

говорящего до слушающего. Покажем, что и как оказывает влияние на количественные характеристики этого промежутка времени.

Влияние сети. Во-первых, неустойчиво и плохо предсказуемо время прохождения пакета через сеть. Если нагрузка сети относительно мала, маршрутизаторы и коммутаторы, безусловно, могут обрабатывать пакеты практически мгновенно, а линии связи бывают доступны почти всегда. Если нагрузка сети относительно велика, пакеты могут довольно долго ожидать обслуживания в очередях. Чем больше маршрутизаторов, коммутаторов и линий в маршруте, по которому проходит пакет, тем больше время его запаздывания и тем больше вариация этого времени, т.е. джиттер.

Влияние операционной системы. Большинство приложений IP-телефонии (особенно клиентских) представляет собой обычные программы, выполняемые в среде какой-либо операционной системы, такой как Windows или Linux. Эти программы обращаются к периферийным устройствам (платам обработки речевых сигналов, специализированным платам систем сигнализации) через интерфейс прикладных программ для взаимодействия с драйверами этих устройств, а доступ к IP-сети осуществляют через Socket-интерфейс.

Большинство операционных систем не может контролировать распределение времени центрального процессора между разными процессами с точностью, превышающей несколько десятков миллисекунд, и не может обрабатывать за такое же время более одного прерывания от внешних устройств. Это приводит к тому, что задержка в продвигании данных между сетевым интерфейсом и внешним устройством речевого вывода составляет, независимо от используемого алгоритма кодирования речи, величину такого же порядка или даже больше.

Влияние джиттер-буфера. Проблема джиттера весьма существенна в пакетно-ориентированных сетях. Отправитель речевых пакетов передает их через фиксированные промежутки времени (например, через каждые 20 мс), но при прохождении через сеть задержки пакетов оказываются неодинаковыми, так что они прибывают в пункт назначения через разные промежутки времени. Задержка прохождения пакетов по сети T может быть представлена как сумма постоянной составляющей T (время распространения плюс средняя длительность задержки в очередях) и переменной величины, являющейся результатом джиттера: $T = T \pm j$.

Для того чтобы компенсировать влияние джиттера, в терминалах используется так называемый джиттер-буфер. Этот буфер хранит в памяти прибывшие пакеты в течение времени, определяемого его

емкостью (длиной). Пакеты, прибывающие слишком поздно, когда буфер заполнен, отбрасываются. Интервалы между пакетами восстанавливаются на основе значений временных меток RTP-пакетов. В функции джиттер-буфера обычно входит и восстановление исходной очередности следования пакетов, если при транспортировке по сети они оказались «перепутаны».

Влияние кодека и количества передаваемых в пакете кадров. Большинство современных эффективных алгоритмов кодирования/декодирования речи ориентировано на передачу информации кадрами, а не последовательностью кодов отдельных отсчетов. Поэтому в течение времени, определяемого длиной кадра кодека, должна накапливаться определенная длина последовательности цифровых представлений отсчетов. Кроме того, некоторым кодекам необходимо предварительный анализ большого количества речевой информации, чем должно содержаться в кадре. Это неизбежное время накопления и предварительного анализа входит в общий бюджет длительности задержки пакета.

Эхо. Феномен эха вызывает затруднения при разговоре и у говорящего, и у слушающего. Говорящий слышит с определенной задержкой свой собственный голос. Если сигнал отражается дважды, то слушающий дважды слышит речь говорящего (второй раз - с ослаблением и задержкой).

Эхо может иметь электрическую и акустическую природу.

Отражения в диффракции являются неотъемлемым свойством ГФОП. Поэтому они проявляются при взаимодействии ГФОП и IP-сетей.

Для борьбы с этим феноменом были разработаны различные методы - от минимизации задержек путем соответствующего планирования сети до применения эхоградиентов и эхокомпенсаторов.

Акустическое эхо возникает при использовании терминалами громкоговорящей связи, независимо от того, какая технология используется в них для передачи информации. Акустическое эхо может обладать значительной длительностью, а особенно неприятным бывает изменение его характеристик при изменении, например, взаимного расположения терминала и говорящего или даже других людей в помещении. Эти обстоятельства делают построение устройств эффективного подавления акустического эха очень непростой задачей.

1.3. Кодеки, стандартизованные ITU-T

Кодек G.711. Рекомендация, утвержденная МККТТ в 1984 г., описывает кодек, использующий ИКМ преобразование аналогового сигнала с точностью 8 бит, тактовой частотой 8 кГц и простейшей компрессией амплитуды сигнала. Скорость потока данных на выходе

преобразователя составляет 64 Кбит/с. Для снижения шума квантования и улучшения преобразования сигналов с небольшой амплитудой при кодировании используется нелинейное квантование по уровню согласно специальному псевдологарифмическому закону А или m - Law. Первые ИКМ кодеки с нелинейным квантованием появились уже в 60-х гг. Кодек G.711 широко распространен в системах традиционной телефонии с коммутацией каналов. Несмотря на то, что рекомендация G.711 в стандарте H.323 является основной и первичной, в шлюзах IP-телефонии данный кодек применяется редко из-за высоких требований к полосе пропускания и задержкам в канале передачи.

Использование G.711 в системах IP-телефонии обособлено лишь в тех случаях, когда требуется обеспечить максимальное качество кодирования речевой информации при небольшом числе одновременных разговоров. Одним из примеров применения кодека G.711 могут служить IP-телефоны компании CISCO.

Кодек G.723.1. Рекомендация G.723.1 утверждена ITU-T в ноябре 1995 года. Форум IMTC выбрал кодек G.723.1 как базовый для приложений IP-телефонии.

Кодек G.723.1 производит кадры длительностью 30 мс с продолжительностью предварительного анализа 7.5 мс. Предусмотрено два режима работы: 6.3 Кбит/с (кадр имеет размер 189 битов, дополненных до 24 байтов) и 5.3 Кбит/с (кадр имеет размер 158 битов, дополненных до 20 байтов). Режим работы может меняться динамически от кадра к кадру. Оба режима обязательны для реализации.

Оценка MOS составляет 3.9 в режиме 6.3 Кбит/с и 3.7 в режиме 5.3 Кбит/с.

Кодек специфицирован на основе операций как с плавающей точкой, так и с фиксированной точкой в виде кода на языке C. Реализация кодека на процессоре с фиксированной точкой требует производительности около 16 MIPS.

Кодек G.723.1 имеет детектор речевой активности и обеспечивает генерацию комфортного шума на удаленном конце в период молчания. Эти функции специфицированы в приложении А (Annex A) к рекомендации G.723.1. Параметры фонового шума кодируются очень маленькими кадрами размером 4 байта. Если параметры шума не меняются существенно, передача полностью прекращается.

Кодек G.726. Алгоритм кодирования АДИКМ (рекомендация ITU-TG.726, принятая в 1990 г.) описан выше. Он обеспечивает кодирование цифрового потока G.711 со скоростью 40, 32, 24 или 16 Кбит/с, гарантируя оценки MOS на уровне 4.3 (32 Кбит/с), что часто принимается за эталон уровня качества телефонной связи (toll quality). В

приложениях IP-телефонии этот кодек практически не используется, так как он не обеспечивает достаточной устойчивости к потерям информации

Кодек G.728. Кодек G.728 использует оригинальную технологию с малой задержкой LD-CELP (low delay code excited linear prediction) и гарантирует оценки MOS, аналогичные ADIКM G.726 при скорости передачи 16 Кбит/с. Данный кодек специально разрабатывался как более совершенная замена ADIКM для оборудования уплотнения телефонных каналов, при этом было необходимо обеспечить очень малую величину задержки (менее 5 мс), чтобы исключить необходимость применения эхокомпенсаторов. Это требование было успешно выполнено учеными Bell Labs в 1992 году: кодек имеет длительность кадра только 0.625 мс. Реально задержка может достигать 2.5 мс, так как декодер должен поддерживать синхронизацию в рамках высокой сложности - около 20 MIPS

Недостатком алгоритма является высокая сложность - около 20 MIPS для кодера и 13 MIPS для декодера - и относительно высокая чувствительность к потерям кадров.

Кодек G.729. Кодек G.729 очень популярен в приложениях передачи речи по сетям Frame Relay. Он использует технологию CS-ACELP (Conjugate Structure, Algebraic Code Excited Linear Prediction). Кодек использует кадр длительностью 10 мс и обеспечивает скорость передачи 8 Кбит/с. Для кодера G.729 кодера необходим предварительный анализ сигнала продолжительностью 5 мс.

В спецификациях G.729 определены алгоритмы VAD, CNG и DTX. В периоды молчания кодек передает 15-битовые кадры с информацией о фоновом шуме, если только шумовая обстановка изменяется.

1.4. Протокол H.323

H.323 - это рекомендации ITU-T для мультимедийных приложений в вычислительных сетях, не обеспечивающих гарантированное качество обслуживания (QoS). Такие сети включают в себя сети пакетной коммутации IP и IPX на базе Ethernet, Fast Ethernet и Token Ring.

Стандарт H.323 был одобрен ITU в 1996 году, а в начале 1998 года эта организация приняла его вторую версию. H.323 - это не один стандарт, а целая серия стандартов для поддержки мультимедийных коммуникаций по сетям без обеспечения качества услуг. Он охватывает множество вещей, в том числе спецификации для аудио - и видеокодексов, протоколы установления и управления соединениями, меры для обеспечения передачи в реальном времени, интерфейсы с другими сетями и т. д. H.323 не привязан к какому-либо конкретному типу сети и протоколу транспортного уровня. Нижележащая сеть может представлять собой Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring и др., а

транспортным протоколом может быть не обязательно TCP/IP, а например, IPX. Однако H.323 нашел применение преимущественно именно в сетях на базе IP. При том, что он сам включает множество стандартов, H.323 входит в еще более крупную серию коммуникационных стандартов на видеоконференции для сетей разных типов. Известная как H.32х, эта серия включает стандарт H.320 для видеоконференций по сетям ISDN и аналогичные стандарты H.321 для В-ISDN и ATM, H.324 для телефонных сетей общего пользования.

1.5. Анализ подходов к построению сетей IP-телефонии
На сегодняшний день существует несколько вариантов построения сетей IP-телефонии. Наиболее известным является подход, предложенный Международным союзом электросвязи (ITU) в Рекомендации H.323. Сети, построенные на базе протоколов H.323, ориентированы на интеграцию с телефонными сетями и могут рассматриваться как наложенные на сети передачи данных сети ISDN. В частности, процедура установления соединения в таких сетях IP-телефонии базируется на Рекомендации ITU Q.931 и практически идентична данной процедуре в сетях ISDN.

Описанный вариант построения сетей IP-телефонии больше подходит для операторов телефонной связи, желающих использовать сети с маршрутизацией пакетов IP для предоставления услуг междугородной и международной связи. При этом IP-телефония будет для них основной предоставляемой услугой. Протокол RAS, входящий в набор протоколов H.323, обеспечивает операторам связи высокий уровень контроля за использованием сетевых ресурсов, поддержке аутентификации пользователей и начисление оплаты за предоставленные услуги. Кроме базового вызова в сетях, построенных на базе протоколов H.323, предусмотрено предоставление дополнительных услуг в соответствии с Рекомендацией ITU H.450.X.

Второй подход, связанный с использованием протокола SIP (Session Initiation Protocol), ориентирован на интеграцию услуги передачи речевого трафика по IP-сетям с остальными услугами Internet. Этот подход, предложенный телекоммуникационной стандартизирующей организацией IETF в документе RFC 2543, является на много более простым для реализации в сравнении с H.323, но меньше подходит для организации взаимодействия с телефонными сетями. В основном это связано с тем, что сервер SIP не сохраняет сведений о текущих соединениях (Stateless), в то время как узлы ТФОП, напротив, сохраняют информацию обо всех установленных соединениях (Statefull). Кроме того, сигнальный протокол SIP, базирующийся на основе протокола

НТТР (RFC 2068), плохо согласуется с системами сигнализации, используемыми в ТФОП.

Второй вариант больше подходит для поставщиков услуг Интернет для предоставления еще одной услуги - Интернет-телефонии. Причем эта услуга будет являться всего лишь небольшой частью пакета услуг и будет предоставляться, например, по фиксированному тарифам, при этом будет использоваться максимально упрощенная схема управления услугами.

Еще один подход, связанный с декомпозицией шлюзов, предполагает разбиение шлюзов на основные функциональные блоки: шлюз - MG (Media Gateway), устройство управления шлюзом - SA (Call Agent), сигнальный шлюз - SG (Signalling Gateway) и определение интерфейсов между блоками.

Весь интеллект декомпозированного шлюза: обработка сигнальной информации и логика контроля ресурсов - сосредоточен в устройстве управления. Сами шлюзы только выполняют функции преобразования речевой информации, поступающей со стороны ТФОП, в вид, пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP: кодирование и упаковка речевой информации в пакеты RTP/UDP/IP, а также обратное преобразование. Один контроллер шлюзов SA управляет одновременно несколькими шлюзами. Сигнальный шлюз выполняет функции STP - транзитного пункта сигнализации. Такое решение обеспечивает высокую степень масштабируемости и простоту эксплуатации сети.

Четвертый подход, предлагаемый организацией IETF (рабочая группа MEGACO), достаточно хорошо подходит для развертывания глобальных сетей IP-телефонии, приходящих на смену традиционным телефонным сетям.

Таким образом, для построения хорошо функционирующих и совместимых с ТФОП сетей IP-телефонии подходят первый и последний варианты. Последний подход обладает очень важным преимуществом перед подходом, предложенным ITU в Рекомендации H.323: поддержка управляющим устройством сети SA сигнализации OKS7 и других видов сигнализации, а также прозрачная трансляция сигнальной информации по сети IP-телефонии. В H.323 сигнализация OKS7, как и любая другая сигнализация, конвертируется шлюзом в сигнальные сообщения H.225.0 (Q.931).

Основным недостатком последнего подхода является незаконченность стандартов. Функциональные составляющие декомпозированных шлюзов, разработанные различными фирмами-производителями телекоммуникационного оборудования, практически не совместимы.

2. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Программа OpNet представляет собой комплекс средств для создания, моделирования и изучения сетей связи. Позволяет анализировать воздействия приложений типа клиент-сервер и новых технологий на работу сети; моделировать иерархические сети, многопротокольные локальные и глобальные сети с учетом алгоритмов маршрутизации; осуществлять оценку и анализ производительности смоделированных сетей. Также с помощью пакета можно осуществить проверку протокола связи, анализ взаимодействия протокола, оптимизацию и планирование сети.

Программа OpNet содержит исчерпывающую библиотеку протоколов и объектов. Есть несколько сред редактора - по одной для каждого типа объекта. Организация объектов - иерархическая, сетевые объекты (модели) связаны набором узлов и объектов связи, в то время как объекты узла связаны набором объектов, типа модулей очередности, модулей процессора, передатчиков и приемников.

В лабораторной работе предлагается спроектировать корпоративную сеть IP-телефонии. Этапы выполнения:

- создание технического задания для разрабатываемой сети и выбор оборудования и технологий;
- конструирование сети в программном продукте OpNet;
- настройки оборудования;
- симуляция работы сети, анализ полученных характеристик сети.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Создание модели простейшей сети. Разработка сценариев работы сети. Ввод исследуемой системы производится в диалоговом режиме путем графической сборки узлов сети и задания определенных характеристик для каждого узла схемы. ПО OpNet содержит широкую библиотеку современного сетевого оборудования. Библиотека разбита на несколько разделов, которые включают в себя оборудование конкретных фирм-производителей (CISCO, 3Com, Nec), а также оборудование, которое используется для построения системы по определенной технологии (ATM, IP, MPLS, Ethernet).

Для построения сетевой модели необходимо сначала создать новый проект (Project): File/New/ и дать ему название.

Проект является группой связанных сценариев, каждый из которых изучает различные аспекты сети.

1. Необходимо задать масштаб (Network Scale):

- World,

- Enterprise,
- Campus,
- Office.

При выборе Campus или Office нужно задать размеры по оси XY.

2. Из представленного списка выбрать технологию, которая будет использоваться в данной сетевой модели, нажав Yes.

3. После задания необходимой конфигурации появится окно палитры объектов (Object Palette).

4. Выбрать из палитры объектов необходимые узлы и линии связи. Для этого нажать на выбранный объект левой кнопкой мыши и «перетащить» его на рабочее поле. При нажатии правой кнопки объект будет добавлен.

5. Выбор топологии сети в OpNet можно осуществить с помощью быстрой конфигурации (Rapid Configuration), которая создает сеть одним действием. Необходимо выбрать только сетевую конфигурацию, типы узлов и линий связи.

6. При нажатии правой кнопкой еще раз на объект появится всплывающее меню, выбрав в нем View Node Description (просмотр описания узла), можно ознакомиться со всеми характеристиками данного объекта, его функциями.

7. Можно создать иерархическую модель (сеть и подсети). Для этого выбрать в палитре объектов значок «Subnet». Дважды щелкнув левой кнопкой мыши, можно зайти на другой уровень и создать модель подсети.

8. Также необходимо сконфигурировать приложения, которые доступны пользователям данной сети, и профили этих приложений. Для этого в OpNet предусмотрены такие элементы сети, как Application config и Profile config.

Конфигурирование узла Application.

Необходимо назначить приложения, которые используются в данной сети, например E-MAIL, HTTP (электронная почта и web-сайты) и FTP (обмен файлами между рабочими станциями). Установить скоростную нагрузку данных приложений – параметр «High Load» (высокая скорость).

Конфигурирование узла Profile.

Конфигурирование профиля приложений необходимо для проведения имитации. Здесь задаются такие параметры, как:

- закон распределения;
- продолжительность имитации в секундах;
- повторное воспроизведение имитации.

9. Конфигурирование рабочих станций (компьютеров).

Необходимо задать приложения, которыми пользуются на рабочих станциях (E-MAIL, FTP, HTTP), а также адрес сервера, куда обращается пользователь.

10. Конфигурирование линий связи.

Необходимо задать скорость передачи данных, например 10 Мбит/с.

После расположения всех узлов сети и линий связи, конфигурирования приложений и их профиля для проведения имитации получили готовую подсеть (рис. 5).

11. После того как построена и сконфигурирована сеть, можно проводить имитацию работы сети. Следует указать, какие параметры сети необходимо исследовать. Для этого, нажав правой кнопкой мыши на интересующий объект, выбрать Choose Individual Statistics.

Например:

- скорость передачи входящего/исходящего трафика для рабочих станций;
- скорость передачи (производительность) и использование линий связи.

12. Запуск имитации.

Для запуска имитации нажать кнопку Run Simulation в верхней панели инструментов. В появившемся окне Configure Simulation можно настроить разные параметры моделирования, например продолжительность имитации работы сети (в секундах, минутах, часах, днях, неделях) и др., затем нажать Run. Время проведения имитации (работы программы) обычно длится несколько секунд или минут.

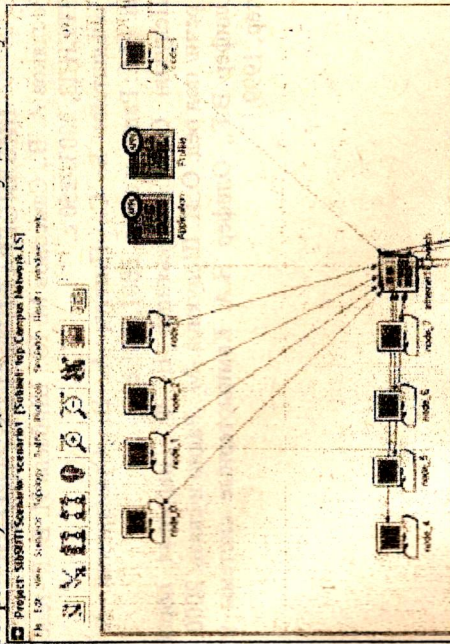


Рис. 5. Исследуемая сеть

13. Просмотр результатов.

Окно просмотра результатов находится в верхней панели инструментов либо во вкладке Results/View Results.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое IP-телефония? Ее общие принципы.
2. Виды соединений в IP-телефонии.
3. Достоинства и недостатки IP-телефонии.
4. Задержки в IP-сетях, методы борьбы с ними.
5. Что такое джиттер?
6. Эхо: природа возникновения, методы борьбы с этим феноменом.
7. Кодеки, стандартизированные ITU-T.
8. Протокол H.323.
9. Архитектура стандарта H.323.
10. Построение сетей IP-телефонии на базе протоколов H.323.
11. Построение сетей IP-телефонии на базе протокола SIP.

УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- 1) обоснование разрабатываемой сети и выбора оборудования, технологий;
- 2) полученные графические зависимости;
- 3) анализ полученных характеристик сети и выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шibaева И. В. IP-телефония. - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003. - 250 с.
2. Гольдштейн Б. С., Пичук А. В., Суховицкий А. Л. IP-телефония. - М.: Радио и связь, 2001. - 341 с.
3. Шелухин О. И., Лукьянцев Н. Ф. Цифровая обработка и передача речи/ под ред. О. И. Шелухина. - М.: Радио и связь, 2000. - 456 с.
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные системы и сети. - СПб.: Питер, 1999.