

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»

Айтчанов Айдар Каныбекович

Анализ трафика в IP телефонии

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникация

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»

ДОПУШЕН К ЗАЩИТЕ.
Заведующий кафедрой ЭТиКТ
канд. техн. наук
Е. Таштай
“ 15 ” “ 05 ” 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Анализ трафика в IP телефонии

по специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникация

Выполнил



Айтчанов А.К.

Рецензент
канд. техн. наук, профессор АУЭС
А.С. Байкенов
“ ” 2019г.



Научный руководитель
маг-р техн. наук, лектор
Г.М. Байкенова
“ 6 ” “ 05 ” 2019г.

Алматы 2019

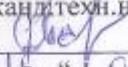
Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий
Кафедра «Электроника, телекоммуникации и космические технологии»

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ
канд. техн. наук

 Е. Ташбай
“ 15 ” “ 10 ” 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Айтчанову Айдару Каньбековичу

Тема Анализ трафика в IP телефонии

Утверждена приказом ректора университета № 1162-б от “ 16 ” 10 2018г.

Срок сдачи законченной работы “ 16 ” мая 2019г.

Исходные данные к дипломной работе: стандарты и протоколы IP-телефонии, основы теории массового обслуживания для анализа, показатели качества передачи голоса

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Анализ передачи голосовой информации в сетях с коммутацией пакетов
- б) Анализ трафика VoiceOver IP
- в) Расчет параметров трафика IP – телефонии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Пример построения сети IP-телефонии, Схемы связи в IP-телефонии, Составляющие задержки в сети IP-телефонии, Модель пикового поступления вызовов, Модель случайного поступления вызовов, Сравнение интерфейсов «точка-точка» и «точка-группа точек», Пример анализа сквозного трафика.

Рекомендуемая основная литература:

1 Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. – М.: Радио и связь, 2011г. – 336С.

2 Уиллис Д. Интеграция речи и данных. В начале долгого пути./Сети и системы связи, 2003.-№16.

3 Анализ трафика. Материалы 1992-2010 Cisco Systems, Inc.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Анализ передачи голосовой информации в сетях с коммутацией пакетов	8.02.2019	
Анализ трафика IP телефонии	22.03.2019	
Расчет параметров трафика IP – телефонии	21.04.2019	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	<i>доктор И.А. Таисафиева К.И.</i>		<i>[Подпись]</i>

Научный руководитель _____ *[Подпись]* _____ Г.М. Байкенова
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся _____ *[Подпись]* _____ А.К. Айтчанов
(подпись)

Дата " 16 " 10 2018г.

АННОТАЦИЯ

Сегодня одной из важнейших тенденцией в развитии современных телекоммуникационных технологий является развитие рынка IP-телефонии – множества новых технологий, обеспечивающих передачу мультимедийных сообщений (речи, данных, видео) через локальные и глобальные сети передачи данных с пакетной коммутацией, построенные с использованием Интернет-протокола IP.

Моя дипломная работа посвящена анализу трафика IP-телефонии, который сильно влияет на качество связи и затраты, необходимые при проектировании сети. Анализ трафика дает возможность определить необходимую ширину полосы пропускания каналов передачи данных и голосовых вызовов.

В работе рассматриваются принципы пакетной передачи речи, показатели качества IP-телефонии. Опираясь на теорию массового обслуживания, дается анализ трафика, его типы, методика измерений, модели трафика, использование анализа трафика для сетей VoIP, пропускная способность сети.

АНДАТПА

Қазіргі заманғы телекоммуникациялық технологияларды дамытудағы маңызды үрдістердің бірі IP-телефония нарығын дамыту - мультимедиалық хабарламаларды (дауыс, деректер, бейне) жергілікті және ғаламдық деректерді беру желілері арқылы пакеттік коммутациямен қамтамасыз ететін көптеген жаңа технологиялар IP хаттамасы.

Менің тезисім IP-телефония трафигін талдауға арналған, ол байланыс сапасына және желіні жобалауға қажетті шығындарға айтарлықтай әсер етеді. Трафик талдауы деректер арналарының және дауыстық қоңыраулардың өткізу жолағының жиілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Бума дауысының, IP-телефония сапасының көрсеткіштерінің қағидалары талқыланды. Кезек теориясына, трафиктің талдауы, оның түрлері, өлшеу әдістері, көлік модельдері, VoIP желілері үшін трафик талдауларын пайдалану және желінің өткізу қабілеттілігі келтірілген.

ANNOTATION

Today, one of the most important trends in the development of modern telecommunication technologies is the development of the IP-telephony market - a multitude of new technologies that provide the transmission of multimedia messages (voice, data, video) through local and global data networks with packet switching. IP protocol.

My thesis is devoted to the analysis of IP-telephony traffic, which greatly affects the quality of communication and the costs required in designing a network. Traffic analysis allows you to determine the necessary bandwidth of data channels and voice calls.

The paper discusses the principles of packet voice, IP-telephony quality indicators. Based on the queuing theory, an analysis of traffic, its types, measurement methods, traffic models, the use of traffic analysis for VoIP networks, and network bandwidth are given.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Анализ передачи голосовой информации в сетях с коммутацией пакетов	10
1.1 Принципы пакетной передачи речи	10
1.2 Виды соединений в сети IP-телефонии	13
1.3 Показатели качества IP-телефонии	15
1.3.1 Влияние сети на показатели качества IP-телефонии	16
1.4 Постановка задачи	20
2 Анализ трафика Voice Over IP	21
2.1 Обзор анализа трафика	21
2.2 Основы теории массового обслуживания	22
2.3 Измерение нагрузки трафика	23
2.4 Трафик в час наибольшей нагрузки (ВНТ)	24
2.5 Измерение пропускной способности сети	25
2.6 Уровень обслуживания	25
2.7 Типы трафика	25
2.8 Методика измерений	26
2.9 Критерии выбора модели трафика	28
2.10 Модели трафика	32
2.10.1 Эрланг В	33
2.10.2 Расширенный Эрланг В	34
2.10.3 Эрланг С	35
2.10.4 Энгсет	36
2.10.5 Пуассон	37
2.10.6 EART/EARC и Нил-Уилкерсон	38
2.11 Использование анализа трафика для сетей VoIP	38
2.12 Пример анализа сквозного трафика	43
2.13 Механизмы поддержки качества обслуживания в шлюзе	45
2.14 Механизмы поддержки качества обслуживания в IP сети	48
3 Расчетная часть	54
3.1 Пропускная способность канала	54
3.2 Определение приоритета пользования каналом связи	57
3.3 Расчет оптимальной длины пакета	59
3.4 Пути повышения качества речевого диалога	60
Заключение	
Перечень принятых сокращений, терминов	
Список использованной литературы	

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня одной из важнейших тенденцией в развитии современных телекоммуникационных технологий является развитие рынка IP-телефонии – множества новых технологий, обеспечивающих передачу мультимедийных сообщений (речи, данных, видео) через локальные и глобальные сети передачи данных с пакетной коммутацией, построенные с использованием Интернет протокола IP (Internet Protocol).

IP-телефония быстро превратилась в серьезную альтернативу традиционной телефонии. Причины этого заключаются не столько в дешевизне услуг, предлагаемых на базе новой технологии, сколько в массе новых возможностей, раскрываемых ею для бизнеса.

Интерес к вопросам передачи речи по сетям передачи данных с пакетной коммутацией (VoIP) возник с тех пор, как стало очевидным, что коммутация каналов более не в состоянии удовлетворять растущие потребности рынка, обеспечивать активное внедрение новых и дополнительных услуг, снижение удельных затрат на расширение сетей. [1].

Технология передачи речи по сетям IP (VoIP) реализуют подход интеграции телефонов в компьютерные сети. Пакетная телефония предоставляет все услуги ТфОП – ожидание вызова, конференцсвязь, многоканальные номера, а также предлагает новые услуги, совершенно невозможные для традиционной телефонии.

Таким образом, IP - телефония – это реальная сфера бизнеса, и ее доля на рынке телекоммуникаций будет продолжать расти быстрыми темпами.

При передаче голосовой информации по сетям IP проектировщики сетей нуждаются в методе правильного определения пропускной способности сети, особенно, если сеть расширяется. Поэтому необходимо знать основные показатели трафика IP - телефонии, модели трафика, методы его измерения,

Моя дипломная работа посвящена анализу трафика IP-телефонии, а точнее анализу трафика для голоса поверх IP.

1 Анализ передачи голосовой информации в сетях с коммутацией пакетов

1.1 Принципы пакетной передачи речи

"Классические" телефонные сети основаны на технологии коммутации каналов, которая для каждого телефонного разговора требует выделенного физического соединения. Следовательно, один телефонный разговор представляет собой одно физическое соединение физических каналов. В этом случае аналоговый сигнал шириной 3,1 кГц передаётся на ближайшую АТС, где мультиплексируется по технологии временного разделения с сигналами, которые поступают от других абонентов, подключённых к этой АТС. Далее групповой сигнал передаётся по сети межстанционных каналов. Достигнув АТС назначения, сигнал демультиплексируется и доходит до адресата. Основным недостатком телефонных сетей с коммутацией каналов является неэффективное использование полосы канала – во время пауз в речи канал не несёт никакой полезной нагрузки.

В сетях пакетной коммутации по каналам связи передаются единицы информации (пакеты, кадры, ячейки), которые не зависят от физического носителя, но в любом случае они передаются по разделяемой сети, более того по отдельным виртуальным каналам, не зависящим от физической среды. Каждый пакет идентифицируется заголовком, который может содержать информацию об используемом им канале, его происхождении (адрес источника) и пункте назначения (адрес получателя). Любой терминал и компьютер в сети имеет свой уникальный IP-адрес, и передаваемые пакеты маршрутизируются к получателю в соответствии с его адресом. Данные передаются одновременно между многими пользователями по одной и той же линии. Если возникают какие-то проблемы в сети, на маршруте, то пакеты могут изменять маршрут. При этом протокол IP не требует выделенного канала для сигнализации.

Процесс передачи голоса по IP сети состоит из нескольких этапов. Вначале осуществляется оцифровка голоса. Эти оцифрованные данные анализируются и обрабатываются с целью уменьшения физического объема данных, при этом происходит компрессия данных, подавляются фоновый шум и ненужные паузы. Затем последовательность данных разбивается на пакеты и к ней добавляется протокольная информация (адрес получателя, порядковый номер пакета, дополнительные данные для коррекции ошибок).

Когда голосовые пакеты приходят на терминал получателя, в первую очередь, проверяется их порядковая последовательность, т. к. IP сети не гарантируют время доставки и пакеты могут прийти в разное время. Для восстановления исходной последовательности и синхронизации происходит временное накопление пакетов. Если какие-то пакеты потерялись, а передача голоса очень критична ко времени доставки, то включается алгоритм

аппроксимации, позволяющий на основе полученных пакетов приблизительно восстановить потерянные, либо игнорировать их. Полученная последовательность данных декомпрессируется и преобразуется в аудио-сигнал.

В настоящее время в IP-телефонии существует два основных способа передачи голосовых пакетов по IP сети: через глобальную сеть Интернет (Интернет-телефония); используя сети передачи данных на базе выделенных каналов (IP-телефония).

Уровни архитектуры IP-телефонии.

Архитектура технологии Voice over IP может быть упрощенно представлена в виде двух плоскостей. Нижняя плоскость – это базовая сеть с маршрутизацией пакетов IP, верхняя плоскость – это открытая архитектура управления обслуживанием вызовов (запросов связи).

Нижняя плоскость представляет собой комбинацию известных протоколов Интернет: это – RTP, который функционирует поверх протокола UDP, расположенного, в свою очередь, в стеке протоколов TCP/IP над протоколом IP. Таким образом, иерархия RTP/UDP/IP представляет собой своего рода транспортный механизм для речевого трафика.

Верхняя плоскость – управление обслуживанием вызова предусматривает принятие решений о том, куда вызов должен быть направлен, и каким образом должно быть установлено соединение между абонентами. Инструмент такого управления – телефонные системы сигнализации, начиная с систем, поддерживаемых декадно-шаговыми АТС и предусматривающих объединение функций маршрутизации и функций создания коммутируемого разговорного канала в одних и тех же декадно-шаговых искателях.

В сетях с коммутацией пакетов ситуация более сложна. Сеть с маршрутизацией пакетов IP принципиально поддерживает одновременно целый ряд разнообразных протоколов маршрутизации. Такими протоколами на сегодня являются: RIP, IGRP, EIGRP, IS-IS, OSPF, BGP и др. Точно так же и для IP-телефонии разработан целый ряд протоколов. Наиболее распространенным является протокол, специфицированный в рекомендации H.323 ITU-T, в частности, потому, что он стал применяться раньше других протоколов, которых, к тому же, до внедрения H.323 вообще не существовало. Другой протокол плоскости управления обслуживанием вызова – SIP – ориентирован на то, чтобы сделать оконечные устройства и шлюзы более интеллектуальными и поддерживать дополнительные услуги для пользователей. Еще один протокол – SGCP – разрабатывался, начиная с 1998 года, для того, чтобы уменьшить стоимость шлюзов за счет реализации функций интеллектуальной обработки вызова в централизованном оборудовании. Протокол IPDC очень похож на SGCP, но имеет много больше, чем SGCP, механизмов эксплуатационного управления (OAM&P). В конце 1998 года рабочая группа MEGACO комитета IETF разработала протокол MGCP, базирующийся, в основном, на протоколе SGCP, но с некоторыми добавлениями в части OAM&P. Рабочая группа MEGACO не остановилась на достигнутом, продолжала совершенствовать протокол управления шлюзами и

разработала более функциональный, чем MGCP, протокол MEGACO. Его адаптированный к H.323 вариант (под названием Gateway Control Protocol) ITU-T предлагает в рекомендации H.248.

Сеть IP-телефонии представляет собой совокупность оконечного оборудования, каналов связи и узлов коммутации. Сети IP-телефонии строятся по тому же принципу, что и сети Интернет. Однако в отличие от сетей Интернет, к сетям IP-телефонии предъявляются особые требования по обеспечению качества передачи речи. Одним из способов уменьшения времени задержки речевых потоков в узлах коммутации является сокращение количества узлов коммутации, участвующих в соединении. Поэтому при построении крупных транспортных сетей, в первую очередь, организуется магистраль, которая обеспечивает транзит трафика между отдельными участками сети, а оконечное оборудование (шлюзы) включается в ближайший узел коммутации (рисунок 1.1).

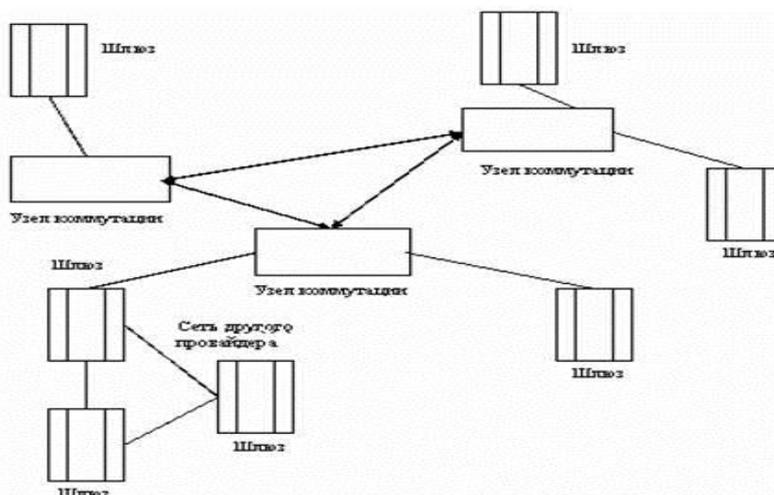


Рисунок 1.1 – Пример построения сети с использованием магистрали

В выделенных сетях (рисунок 1.2) связь между оконечными устройствами осуществляется по выделенным каналам, и пропускная способность этих каналов используется только для передачи речевых пакетов. Чаще всего провайдеры IP-телефонии не строят собственную инфраструктуру, а арендуют каналы у провайдеров первичной сети.

Главное преимущество выделенной сети – это высокое качество передачи речи, так как такие сети предназначены только для передачи речевого трафика. Для обеспечения гарантированного качества предоставляемых услуг в этих сетях, кроме протокола IP, применяются и другие транспортные протоколы ATM и Frame Relay.

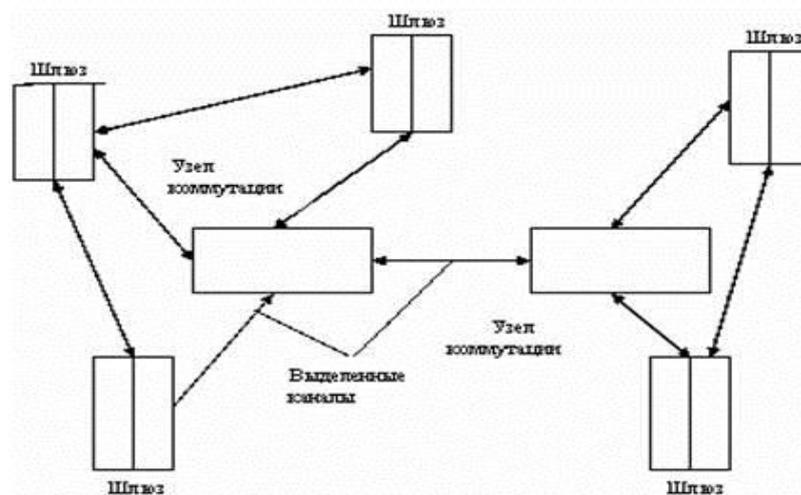


Рисунок 1.2 – Пример построения сети IP-телефонии

1.2 Виды соединений в сети IP-телефонии

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

1) «От телефона к телефону» (рисунок 1.3). 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;

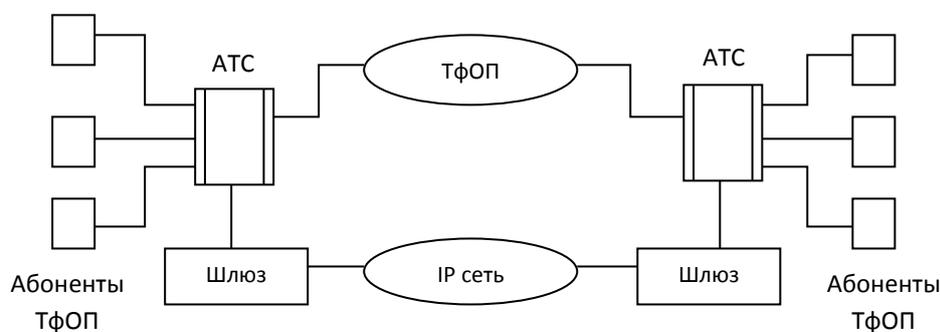


Рисунок 1.3 – Схема связи «телефон-телефон»

2) «От компьютера к телефону» (рисунок 1.4). Мультимедийный компьютер, имеющий программное обеспечение IP-телефонии, звуковую плату (адаптер), микрофон и акустические системы, подключается к IP-сети или к сети Интернет, и с другой стороны шлюз IP-телефонии имеет соединение через АТС с обычным телефонным аппаратом;

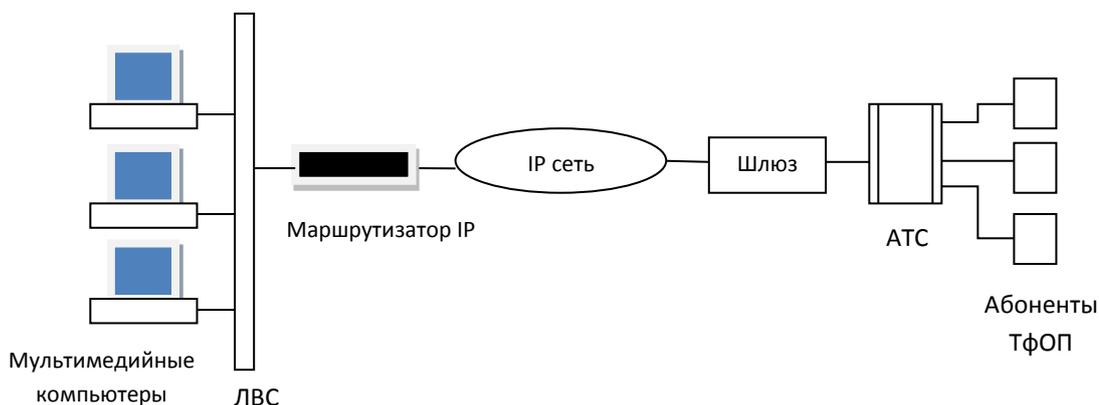


Рисунок 1.4 – Схема связи «компьютер-телефон»

3) «От компьютера к компьютеру» (рисунок 1.5). В этом случае соединение устанавливается через IP-сеть между двумя мультимедийными компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с IP-телефонией;

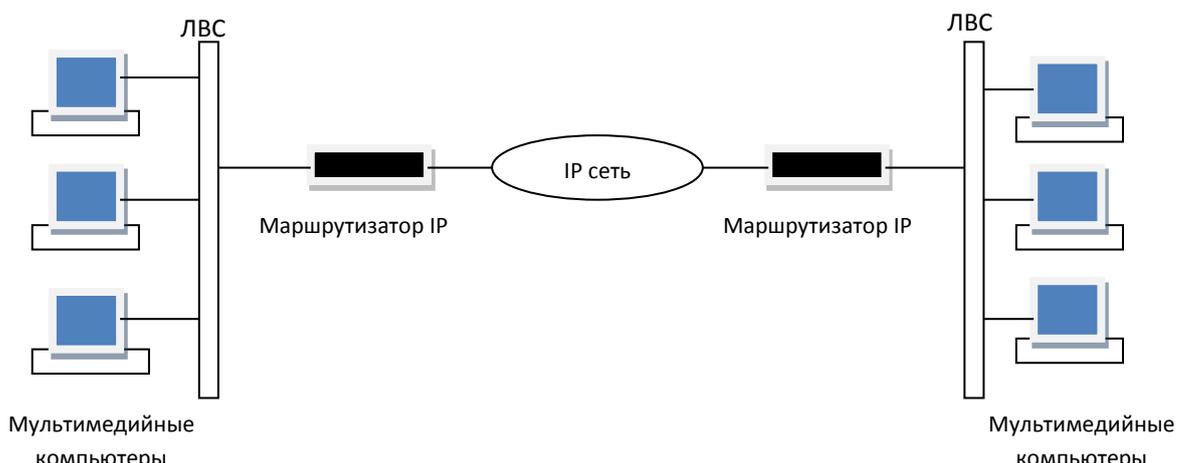


Рисунок 1.5 – Схема связи «компьютер-компьютер»

4) «От WEB (приложение) браузера к телефону» (рисунок 1.6). 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.

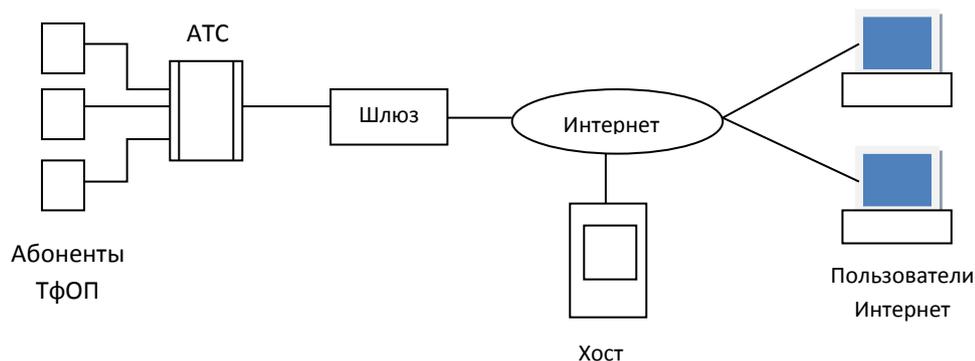


Рисунок 1.6 – Схема связи «WEB-браузер - телефон»

1.3 Показатели качества IP-телефонии

Традиционные телефонные сети коммутируют электрические сигналы с гарантированной полосой пропускания, достаточной для передачи сигналов голосового спектра. При фиксированной пропускной способности передаваемого сигнала цена единицы времени связи зависит от удаленности и расположения точек вызова и места ответа.

IP-телефония является одной из областей передачи данных, где важна динамика передачи сигнала, которая обеспечивается современными методами кодирования и передачи информации, а также увеличением пропускной способности каналов, что приводит к возможности успешной конкуренции IP - телефонии с традиционными телефонными сетями.

Основными составляющими качества IP - телефонии являются:

- качество речи, которое включает;
- диалог - возможность пользователя связываться и разговаривать с другим пользователем в реальном времени и полнодуплексном режиме;
- разборчивость - чистота и тональность речи; эхо - слышимость собственной речи; уровень - громкость речи;
- качество сигнализации, включающее;
- установление вызова - скорость успешного доступа и время установления соединения;
- завершение вызова - время отбоя и скорость разъединения;
- DTMF - определение и фиксация сигналов многочастотного набора номера.

Факторы, которые влияют на качество IP-телефонии, могут быть разделены на две категории:

- факторы качества IP-сети;
- максимальная пропускная способность — максимальное количество полезных и избыточных данных, которая она передает;

- задержка - промежуток времени, требуемый для передачи пакета через сеть; джиттер - задержка между двумя последовательными пакетами; потеря пакета - пакеты или данные, потерянные при передаче через сеть;
- факторы качества шлюза;
- требуемая полоса пропускания - различные вокодеры требуют различную полосу. Например, вокодер G.723 требует полосы 16,3 кбит/с для каждого речевого канала; - задержка - время, необходимое цифровому сигнальному процессору DSP или другим устройствам обработки для кодирования и декодирования речевого сигнала; буфер джиттера - сохранение пакетов данных до тех пор, пока все пакеты не будут получены и можно будет передать в требуемой последовательности для минимизации джиттера;
- потеря пакетов - потеря пакетов при сжатии и/или передаче в оборудовании IP-телефонии;
- подавление эхо - механизм для подавления эхо, возникающего при передаче по сети; управление уровнем - возможность регулировать громкость речи.

1.3.1 Влияние сети на показатели качества IP-телефонии

Задержка создает неудобство при ведении диалога, приводит к перекрытию разговоров и возникновению эхо. Эхо возникает в случае, когда отраженный речевой сигнал вместе с сигналом от удаленного конца возвращается опять в ухо говорящего. Эхо становится трудной проблемой, когда задержка в петле передачи больше, чем 50 мс. Так как эхо является проблемой качества, системы с пакетной коммутацией речи должны иметь возможность управлять эхо и использовать эффективные методы эхоподавления.

Затруднение диалога и перекрытие разговоров становятся серьезным вопросом качества, когда задержка в одном направлении передачи превышает 250 мс. Можно выделить следующие источники задержки при пакетной передаче речи из конца в конец (рисунок 1.7):

- задержка накопления (иногда называется алгоритмической задержкой): эта задержка обусловлена необходимостью сбора кадра речевых отсчетов, выполняемая в речевом кодере. Величина задержки определяется типом речевого кодера и изменяется от небольших величин (0,125 мкс) до нескольких миллисекунд. Например, стандартные речевые кодеры имеют следующие длительности кадров:

- G.729 CS-ACELP (8 кбит/с) - 10 мс;
- G.723.1 -Multi Rate Coder (5,3; 6,3 кбит/с) - 30 мс.

- задержка обработки: процесс кодирования и сбора закодированных отсчетов в пакеты для передачи через пакетную сеть создает определенные задержки. Задержка кодирования или обработки зависит от времени работы

процессора и используемого типа алгоритма обработки. Для уменьшения загрузки пакетной сети обычно несколько кадров речевого кодера объединяются в один пакет. Например, три кадра кодовых слов G.729, соответствующих 30 мс речи, могут быть объединены для уменьшения размера одного пакета;

– сетевая задержка обусловлена физической средой и протоколами, используемыми для передачи речевых данных, а также буферами, используемыми для удаления джиттера пакетов на приемном конце. Сетевая задержка зависит от емкости сети и процессов передачи пакетов в сети;

Время задержки при передаче речевого сигнала можно отнести к одному из трех уровней:

– первый уровень до 200 мс - отличное качество связи. Для сравнения, в телефонной сети общего пользования допустимы задержки до 150-200 мс;

– второй уровень до 400 мс - считается хорошим качеством связи. Но если сравнивать с качеством связи по сетям ТфОП, то разница будет видна. Если задержки постоянно удерживаются на верхней границе 2-го уровня (на 400 мс), то не рекомендуется использовать эту связь для деловых переговоров;

– третий уровень до 700 мс - считается приемлемым качеством связи для ведения неделовых переговоров. Такое качество связи возможно также при передаче пакетов по спутниковой связи.

Качество Интернет-телефонии попадает под 2-3 уровни, причем невозможно уверенно сказать, что тот или иной провайдер Интернет-телефонии работает по второму уровню, так как задержки в сети Интернет изменчивы. Более точно можно сказать о провайдерах IP-телефонии, работающих по выделенным каналам. Они попадают под 1-2 уровни. Также необходимо учитывать задержки при кодировании/декодировании голосового сигнала. Средние суммарные задержки при использовании IP-телефонии обычно находятся в пределах 150-250 мс.

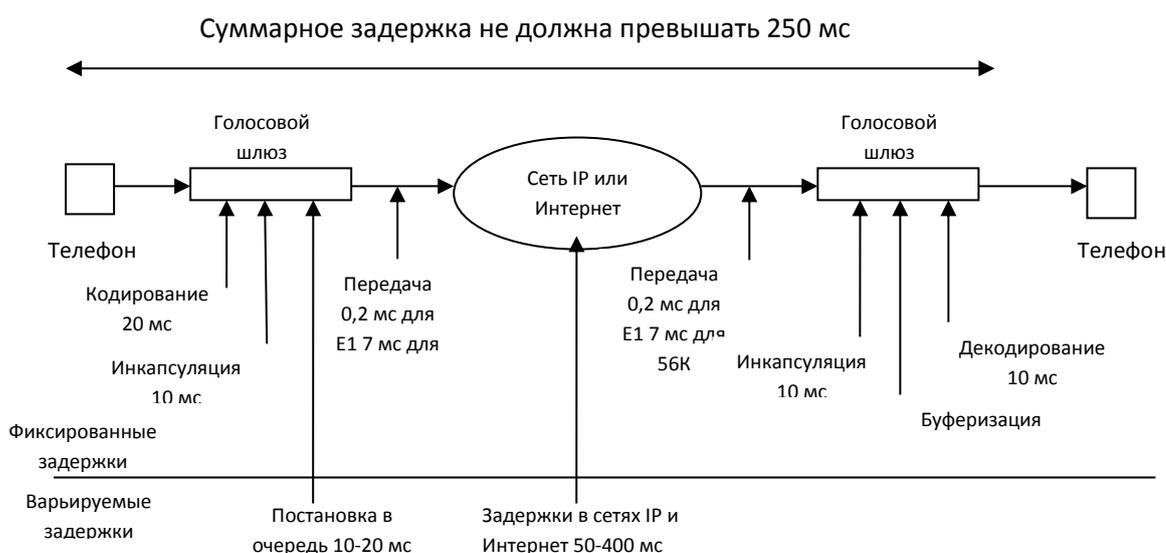


Рисунок 1.7 – Составляющие задержки в сети IP-телефонии

В сети Интернет задержки пакетов существенно зависят от времени. Кривая этой зависимости имеет большой динамический диапазон и скорость изменения. Заметные изменения времени распространения могут произойти на протяжении одного непродолжительного сеанса связи, а колебания времени передачи могут быть в диапазоне от десятков до сотен миллисекунд и даже превышать секунду.

Важно отметить тот факт, что задержки в сетях с коммутацией пакетов влияют не только на качество передачи речевого трафика в реальном времени. Не менее важно и то, что данные задержки в определенных ситуациях могут нарушить правильность функционирования телефонной сигнализации в цифровых трактах E1/T1 на стыке голосовых шлюзов с оборудованием коммутируемых телефонных сетей. Причиной этого можно назвать тот факт, что набор рекомендаций H.323 в момент своего появления в 1997 г. был ориентирован на мультимедийные приложения, осуществляющие аудио и видеоконференцсвязь через сети IP. Данное решение позволяло значительно снизить стоимость таких систем по сравнению с их аналогами, работающими в сетях традиционной телефонии с коммутацией каналов. В процессе выделения IP-телефонии в самостоятельное направление и развития ее до услуги операторского уровня возникла необходимость соединения IP-шлюзов с телефонными станциями ТфОП по цифровым трактам E1/T1. При этом, шлюзы осуществляют взаимодействие с цифровыми АТС, используя стандартные механизмы телефонной сигнализации Q.931, интерпретированные через команды H.225 и транслируемые в IP-сети с использованием протокола TSP. Согласно рекомендации Q.931, при установлении телефонного соединения значения временных задержек между фазами выполнения команд сигнализации строго регламентированы. Однако, при интерпретации в IP-шлюзах команд телефонной сигнализации Q.931 стеком H.225/TSPЯР, задержки, возникшие на пути прохождения сигнала, увеличивают заданные временные интервалы между командами Q.931, и в большинстве случаев нарушают целостность функционирования данного протокола. Хотя версия 2 набора рекомендаций H.323 в фазе 2 предусматривает процедуру H.323v2 Fast Connect, ускоряющую обработку команд Q.931 стеком H.225/TSP, задержки IP-канала, особенно характерные для инфраструктуры Интернет, могут заведомо превышать все допустимые значения временных интервалов протокола Q.931. Данное обстоятельство можно расценивать как еще один аргумент в пользу использования выделенных каналов при построении сетей IP-телефонии [1].

Когда речь или данные разбиваются на пакеты для передачи через IP-сеть, пакеты часто прибывают в пункт назначения в различное время и в разной последовательности. Это создает разброс времени доставки пакетов (джиттер). Джиттер приводит к специфическим нарушениям передачи речи, слышимым как трески и щелчки. Различают три формы джиттера:

1) джиттер, зависимый от данных (Data Dependent Jitter - DDJ) – происходит в случае ограниченной полосы пропускания или при нарушениях в сетевых компонентах;

- 2) искажение рабочего цикла (Duty Cycle Distortion - DCD) – обусловлено задержкой распространения между передачей снизу вверх и сверху вниз;
- 3) случайный джиггер (Random Jitter - RJ) - является результатом теплового шума.

На рисунке 1.8 приведены гистограммы джиггера пакетов в локальной сети и в сети Интернет с различными скоростями работы, показывающие эмпирические распределения вероятностей задержек. На оси абсцисс отложена относительная задержка, характеризующая реальное положение пакета в последовательности на временной оси по отношению к идеальному в предположении, что первый пакет пришел без задержки.

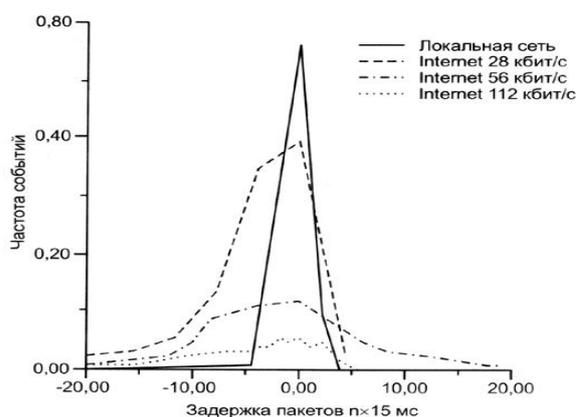


Рисунок 1.8 – Гистограммы джиттера пакетов

Величины возникающих задержек и их вероятности важны для организации процедуры обработки и выбора параметров обработки.

Понятно, что временная структура речевого пакетного потока меняется. Возникает необходимость организации буфера для превращения пакетной речи, отягощенной нестационарными задержками в канале, возможными перестановками пакетов, в непрерывный естественный речевой сигнал реального времени. Параметры буфера определяются компромиссом между величиной запаздывания телефонного сигнала в режиме дуплексной связи и процентом потерянных пакетов. Потеря пакетов является другим серьезным негативным явлением в IP-телефонии.

Потеря пакетов. Потерянные пакеты в IP-телефонии нарушают речь и создают искажения тембра. В существующих IP-сетях все голосовые кадры обрабатываются как данные. При пиковых нагрузках и перегрузках голосовые кадры будут отбрасываться, как и кадры данных. Однако кадры данных не связаны со временем и отброшенные пакеты могут быть успешно переданы путем повторения. Потеря голосовых пакетов, в свою очередь, не может быть восполнена таким способом и в результате произойдет неполная передача информации. Предполагается, что потеря до 5% пакетов незаметна, а свыше 10-15% - недопустима. Причем данные величины существенно зависят от алгоритмов компрессии/декомпрессии.

На рисунке 1.9 представлены гистограммы потерь пакетов. По оси абсцисс отложено число подряд потерянных пакетов. Анализ гистограммы показывает, что наиболее вероятны потери одного, двух и трех пакетов. Потери больших пачек пакетов редки.

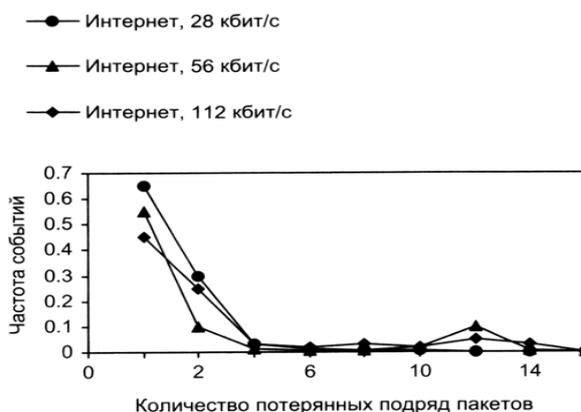


Рисунок 1.9 – Гистограммы потерь пакетов

Существенно, что потеря большой группы пакетов приводит к необратимым локальным искажениям речи, тогда как потери одного, двух, трех пакетов можно пытаться компенсировать.

Интуитивно ясно, что с повышением трафика возрастают задержки и потери в телефонном канале. В условиях ограниченных пропускных способностей это проявляется не только при интегральном увеличении загрузки каналов, например, в часы наибольшей нагрузки, но и при увеличении потока локального источника информации. Кривые графиков рисунков 2.13 и 2.14, построенные для различных скоростей передачи информации [22].

1.4 Постановка задачи

Моя дипломная работа посвящена анализу трафика IP- телефонии. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- дать общее понятие IP- телефонии,
- показатели качества, которые влияют на передачу голоса по IP сети;
- сделать обзор анализа трафика, опираясь на основы теории массового обслуживания;
- определить типы трафика;
- показать методику измерений трафика, критерии выбора модели трафика и сами модели трафика:
- рассмотреть использование анализа трафика для сетей VoIP
- выполнить расчеты для IP- телефонии.

2 Анализ трафика Voice Over IP

Анализ трафика передачи голоса поверх IP описывает различные понятия и особенности анализа трафика, которые в свою очередь относятся к технологии VoIP. “VoIP” расшифровывается как “Voice over Internet Protocol” (Голос поверх интернет протокола).

IP-телефония - это построенная система телефонной связи, которая происходит по протоколу Интернет. “IP” расшифровывается как Internet Protocol (Интернет Протокол). “VoIP”, как было сказано выше “Voice over Internet Protocol ” (Голос поверх интернет протокола), это технология, которая ее реализует. Она предназначена для осуществления передачи речевой информации по компьютерным сетям с маршрутизацией IP-пакетов. Протокол - свод официальных правил поведения, собранных в одну согласованную систему процедур, которая описывает принцип взаимодействия объектов. В данном случае протокол является набором правил, которые взаимодействуют между собой в сетевых устройствах.

Стандартная телефония (ТфОП) – это построенная система телефонной связи с применением радиотехнических устройств, которые в свою очередь предназначены для обеспечения установления сеанса связи по выделенному каналу, посредством телефонной сети. “ТфОП” расшифровывается как Телефонная сеть Общего Пользования.

IP, как говорилось ранее Internet Protocol (Интернет Протокол) - это протокол межсетевого взаимодействия, входит в состав стека протоколов TCP/IP. С помощью логической адресации сети и ее хостов, выполняется доставка пакета, соответствующая обращению запроса со стороны отправителя в Интернет сети. Предназначен для передачи по сети пользовательских данных, в отличие от протоколов маршрутизации. Протоколы маршрутизации передают по сети только служебную информацию.

Блок информации, содержащий в себе сегмент «Заголовок» и поля данных называется пакетом.

2.1 Обзор анализа трафика

Принцип работы IP-телефонии.

В процессе выполнения операций речевой сигнал преобразуется в сжатый пакет данных, с помощью различных кодеков. Следом идёт отправка данных поверх сетей с технологией коммутаций пакетов (частный случай – IP-сеть). После того как до получателя доходят пакеты, они декодируются, и в результате на стороне приема мы получаем и воспроизводим аналоговый сигнал. Выполнение таких операций возможны благодаря большому количеству вспомогательных протоколов, обговоренных ранее.

При помощи протоколов передачи данных реализуется качественная отправка информационных пакетов между двумя точками и за счет чего позволяет двум абонентам понимать друг друга.

Кратко разбирая принципы работы двух систем телефонии, выделю преимущества и недостатки IP-телефонии.

В стандартной телефонии, подключение происходит путем взаимодействия абонентов и телефонной станции, которые хотят установить голосовую связь, а сам разговор реализуется за счет того, что абонент подключен к той или иной сети телефонной линии. Такое подключение требует непрерывного обслуживания, что привлекает за собой дополнительные расходы на зарплату сотрудникам и оборудование.

Сами терминалы, оснащены микрофоном, телефоном и программно-аппаратными средствами мультимедиа. Они имеют выход в сеть Интернет, и в этих терминалах происходит процесс кодировки речи:

- АЦП (аналого-цифровое преобразование) сигналов, которые поступают от микрофона;
- компрессия сигнала (сужение полосы пропускания).

Сети, которые используются для передачи голоса или данных, создаются с учетом огромного количества различных переменных. Есть два самых важных фактора, которые необходимо учитывать при проектировании сети. Первое - это качество связи, второе - это затраты. Хорошее качество связи нужно для того, чтобы клиент был доволен. А от затрат всегда зависит полученная прибыль. Оптимизация использования канала связи – это один из способов учета некоторых элементов качества связи и затрат при проектировании сети.

Далее дается описание различных приемов, которые могут быть использованы при проектировании и отладке сетей передачи голоса, чувствительных к трафику. Здесь показаны несколько различных моделей трафика, а также объясняется, как использовать таблицы вероятности трафика передачи голоса при проектировании работающих сетей.

2.2 Основы теории массового обслуживания

Люди, которые проектируют сети, нуждаются в методе верного определения пропускной способности сети, тем более, когда сеть расширяется. Именно теория массового обслуживания дает возможность проектировщикам сетей делать предположения о работе сетей на основе предыдущих данных, то есть прошлого опыта.

Трафик — это есть объем данных или количество сообщений, которые отправляются через канал за определенный промежуток времени. Трафик также включает в себя отношение между попытками вызова оборудования, чувствительного к трафику, и скоростью выполнения этих вызовов.

Анализ этого трафика дает возможность определить необходимую ширину полосы пропускания каналов передачи данных и голосовых вызовов. Проектирование трафика направлено на решение проблем качества связи, так как дает возможность определить уровень обслуживания и коэффициент блокирования. Сеть, которая проектируется верным способом, имеет низкий коэффициент блокирования и высокий уровень использования канала, то есть качество обслуживания повысится, а затраты уменьшатся.

Существует большое количество факторов, которые нужно учитывать при анализе трафика. Наиболее существенные факторы:

- измерение нагрузки трафика
- уровень обслуживания
- типы трафика
- методика измерений

Конечно же, на результаты расчета анализа трафика могут влиять и другие факторы, но перечисленные выше являются основными и более важными.

2.3 Измерение нагрузки трафика

В теории массового обслуживания измеряется интенсивность трафика. Интенсивность трафика - это отношение числа поступающих вызовов за определенный период времени к среднему времени, которое затрачивается на обслуживание каждого вызова в течение этого самого периода времени. Эти единицы измерения основаны на среднем времени удержания (АНТ). АНТ – это общая продолжительность всех вызовов за указанный период времени, поделенная на количество вызовов за этот период времени. “АНТ” расшифровывается как “Average Hold Time”.

Пример АНТ:

$$(4864 \text{ total call seconds}) / (55 \text{ calls}) = 88,44 \text{ sec per call} = \text{АНТ of } 88,44 \text{ seconds}$$

Две основных единицы измерения, которые используются на данный момент для измерения нагрузки трафика, - это эрланги и CCS. “CCS” расшифровывается как “centum call seconds” (еще говорят сто вызовосекунд).

Один эрланг - это 3600 секунд вызовов в одном канале или интенсивность трафика, которой достаточно для загрузки канала в течение одного часа. Трафик в эрлангах - это произведение количества вызовов на среднее время удержания вызова (АНТ), поделенное на 3600. Пример трафика в эрлангах:

$$(55 \text{ calls} \cdot 88,44 \text{ АНТ}) / 3600 = 1,351 \text{ erlangs}$$

Сто вызовосекунд (CCS) - это 100 секунд вызовов в одном канале. Голосовые коммутаторы обычно измеряют объем трафика в сотнях вызовосекунд. Трафик в сто вызовосекунд - это произведение количества вызовов на среднее время удержания вызова (CCS), поделенное на 100, как показано в следующем примере:

$$(55 \text{ calls} \cdot 88,44 \text{ АНТ})/100 = 48,64 \text{ CCS}$$

Выбор единицы измерения обычно зависит от используемого оборудования и единиц измерения, в которых ведется запись. Сто вызово-секунды (CCS) применяются во многих коммутаторах, потому что число “100” (сто) является более практичной базовой единицей периода, чем 3600 (три тысячи шестьсот). В данной сфере и первые, и вторые единицы измерения считаются стандартными и обычными. Их соотношение выглядит следующим образом:

$$1 \text{ (один) эрланг} = 3600 \text{ (три тысячи шестьсот) вызово-секунд.}$$

Несмотря на то, что можно разделить общее число вызово-секунд за час на 3600 секунд, чтобы определить интенсивность трафика в эрлангах, столь же эффективно использовать средние значения по различным временным периодам. Если работать со средними значениями по большому числу периодов измерения, то можно получить более точную характеристику трафика.

2.4 Трафик в час наибольшей нагрузки (ВНТ)

Нагрузка сети обычно измеряется в час наибольшей нагрузки, потому что в этот период интенсивность трафика, которую должна выдерживать сеть, имеет значение максимума. Результатом здесь будет величина интенсивности трафика, которая обычно называется трафиком в час наибольшей нагрузки (ВНТ). Существуют ситуации, когда невозможно сделать точное измерение, и имеется только приближенная оценка числа вызовов, обрабатываемых за день. В таких случаях будет правильней исходить в своих оценках из специфики конкретного окружения, например, из среднего количества вызовов за день или среднего времени удержания (АНТ).

В обычном рабочем окружении час наибольшей нагрузки определенного дня занимает приблизительно от 15 до 20 % трафика за день. В расчетах обычно используется значение в 17 % общего трафика за день для характеристики трафика в период наибольшей нагрузки. Для многих деловых организаций приемлемой оценкой среднего времени удержания (АНТ) будет интервал от 180 (сто восьмидесяти) до 210 (двухсот десяти) секунд. Эти оценки можно использовать, если необходимо определить требования к

магистральным каналам без более полных и точных данных.

2.5 Измерение пропускной способности сети

Некоторые из многих способов измерения пропускной способности сети:

- количество попыток вызовов в час наибольшей нагрузки (ВНСА);
- количество попыток вызовов в час наибольшей нагрузки (ВНСС);
- вызовы в секунду (CPS).

Все эти измерения опираются на количество вызовов. Хотя и все эти измерения действительно описывают пропускную способность сети, они все равно практически бесполезны для анализа трафика, потому что не учитывают время удержания вызова. Эти измерения будут полезны в использовании вместе со значением среднего времени удержания, чтобы вычислить трафик в час наибольшей нагрузки и использовать полученное значение для анализа трафика.

2.6 Уровень обслуживания

Уровень обслуживания (GoS) высчитывается как вероятность блокировки вызовов во время попытки занять канал. Это значение определяется как блокировка (или коэффициент блокировки) P_{xx} , где xx — это процент, в системе трафика, заблокированных вызовов. Например, система, в которой требуется уровень обслуживания (GoS) P_{01} , характеризуется однопроцентной вероятностью недоступности для абонентов. Уровень обслуживания (GoS) P_{00} запрашивается редко, и такой уровень маловероятен на практике. Чтобы быть уверенным на 100 %, что блокировки не будет, необходимо проектировать сеть с соотношением абонент-канал 1:1. Также большинство формул трафика предполагают, что имеется неограниченное количество абонентов.

2.7 Типы трафика

Там где фиксируются описанные данные трафика можно использовать телекоммуникационное оборудование. К большому сожалению, большинство измерений основаны на фактическом трафике в системе, а не на предложенной нагрузке трафика.

Фактический трафик - это трафик, который фактически обработан телекоммуникационным оборудованием.

Предложенный трафик - это фактическое количество попыток обмена данными в системе. Хочу обратить внимание на то, что разница между этими двумя значениями может привести к некоторым неточностям в расчетах. Чем больше объем блокирования, тем больше разница между фактической и предложенной нагрузкой. Для расчета предложенной нагрузки из фактической нагрузки можно использовать такую формулу:

$$\text{Offered load} = \text{carried load} / (1 - \text{blocking factor})$$

Но, эта формула не учитывает повторные вызовы, которые могут совершаться при блокировке абонента. Для учета повторных вызовов можно использовать следующую формулу:

$$\begin{aligned} \text{Offered load} &= \text{carried load} \cdot \text{Offered Load Adjustment Factors (OAF)} \\ \text{OAF} &= [1.0 - (R \cdot \text{blocking factor})] / (1.0 - \text{blocking factor}), \end{aligned}$$

где R – процент вероятности повторного вызова. Например, R = 0,6 означает 60 % повторных вызовов.

2.8 Методика измерений

Точность анализа трафика всегда зависит от точности методов измерения. Вид нагрузки изменяют следующие параметры:

- рабочие и выходные дни;
- праздники;
- тип трафика (модемный и традиционный голосовой);
- фактическая и абонентская нагрузка;
- период измерения;
- общее количество измерений;
- стабильность периода измерения.

Теория вероятности показывает, что для точной оценки трафика сети передачи голоса, период измерения должен включать по крайней мере 30 часов наибольшей нагрузки сети голосовой связи. Хотя и это хорошая отправная точка, другие переменные могут исказить точность этого измерения. Нельзя выбрать 30 наибольших из 32 измерений и с уверенностью полагать, что эта выборка является точной картиной работы сети. Чтобы получить наиболее точные результаты, необходимо выполнить как можно больше измерений предложенной нагрузки. Кроме того, если измерения проводятся на протяжении года, результаты могут искажаться, так как нагрузка трафика на протяжении года не постоянна. Она то увеличивается, то уменьшается. Отдел стандартизации телекоммуникаций Международного союза телекоммуникаций

(ITU-T) дает рекомендации, как необходимо проводить измерения в сети, чтобы получить точные результаты.

Отдел ITU-T советует, чтобы периоды измерения или считывания данных для соединений телефонной коммутируемой сети общего пользования (ТфОП) были по 60 минут или с 15-минутным интервалом. Эти интервалы имеют очень важное значение, потому что они позволяют суммировать интенсивность трафика в течение определенного периода времени. Если измерения выполняются на протяжении дня, можно обнаружить час пиковой нагрузки трафика в любой день. Рекомендуется использовать два способа определения пикового дневного трафика:

- пиковый период за день (DPP) определяет наибольший объем трафика, измеренного за день. Этот метод требует непрерывного измерения и обычно используется в том месте, где пиковый час может различаться в зависимости от дня.

- фиксированный интервал измерений за день (FDMI) требует измерений только в течение заранее поставленных пиковых периодов. Этот метод применяется, когда модели трафика в определенной степени можно предсказать, и пиковые периоды наступают с постоянно регулярными интервалами. Деловой рабочий трафик обычно достигает своего пика приблизительно с 10:00 до 11:00 и с 14:00 до 15:00 часов дня. В примере из таблицы 2.1 с помощью метода измерений FDMI можно увидеть, что время наибольшей общей интенсивности трафика - 10:00, причем общая интенсивность трафика равна 60,6 эрлангов.

Таблица 2.1 – Измерение пикового периода за день

Час	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Общая нагрузка
9:00	12,7	11,5	10,8	11,0	8,6	54,6
10:00	12,6	11,8	12,5	12,2	11,5	60,6
11:00	11,1	11,3	11,6	12,0	12,3	58,3
12:00	9,2	8,4	8,9	9,3	9,4	45,2
13:00	10,1	10,3	10,2	10,6	9,8	51,0
14:00	12,4	12,2	11,7	11,9	11,0	59,2
15:00	9,8	11,2	12,6	10,5	11,6	55,7
16:00	10,1	11,1	10,8	10,5	10,2	52,7

В примере в таблице 2.2 используется метод DPP для расчета общей интенсивности трафика.

Таблица 2.2 – Использование метода DPP для расчета общей интенсивности трафика

Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Общая нагрузка	
Пиковый трафик	12,7	12,2	12,5	12,2	12,3	61,9
Пиковое время	9:00	14:00	10:00	10:00	11:00	

Также важно разделить измерения за день по группам с одинаковым статистическим поведением наблюдения. Согласно спецификации ITU-T, такими группами являются:

- рабочие дни;
- выходные дни;
- особые дни в году.

Группирование измерений с одинаковым статистическим поведением является весьма важным, потому что дни с исключительно высоким количеством вызовов (праздники) могут исказить результаты. Советы отдела стандартизации телекоммуникаций E.492 включает советы по определению обычной и высокой интенсивности трафика в течение месяца. В соответствии с советами отдела стандартизации коммуникаций E.492 обычная интенсивность трафика в течение месяца определяется как четвертый сверху наибольший пиковый трафик за день. Если выбирается второй сверху наибольший результат измерений за месяц, это приводит к завышению интенсивности трафика за месяц. Этот результат позволяет определить прогнозируемую интенсивность трафика за месяц.

2.9 Критерии выбора модели трафика

Теперь, когда известно, какие измерения нужны, можно решить, как их использовать. Далее необходимо выбрать соответствующую модель трафика.

Модели поступления вызовов

Первый шаг в выборе модели трафика – определение модели поступления вызовов. Модели поступления вызовов важны для выбора модели трафика, поскольку они различным образом описывают воздействие трафика на систему. Три основных модели поступления вызовов перечислены ниже:

- модель плавного поступления вызовов
- модель пикового поступления вызовов
- модель случайного поступления вызовов

Модель плавного поступления вызовов.

Плавная или гипозэкспоненциальная модель трафика применяется тогда, когда в трафике нет значимых изменений. Временной отрезок удержания вызова и временной отрезок между вызовами, которые поступают, являются

прогнозируемыми, что позволяет просчитать трафик в любой момент временного отрезка, но это при условии, что есть ограниченное количество источников. В качестве примера покажу проектирование сети голосовой связи для компании, которая занимается исходящим телефонным маркетингом, где несколько агентов сидят весь день за телефоном. Допустим, что за один час к нам придут 30 последовательных вызовов, каждый из которых будет длиться по 2 минуты. Тогда необходимо важно выделить один магистральный канал для обработки вызовов, который будет длиться около часа.

Для модели, применяемого для явления плавного поступления вызовов, график распределения числа вызовов во временном отрезке может преобразоваться примерно, как на рисунке 2.1.

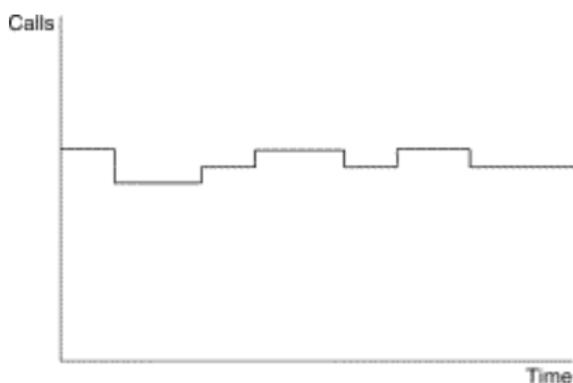


Рисунок 2.1 – Модель плавного поступления вызовов

Модель пикового поступления вызовов.

Модель пикового поступления вызовов определяется отклонениями трафика от среднего значения, которые являются значительными. Эту модель поступления вызовов очень часто называют моделью гиперэкспоненциального поступления вызовов. Модели пикового трафика показывают, что не стоит включать праздничные дни в период изучения трафика. Бывают ситуации, когда необходимо спроектировать переключаемые группы магистральных каналов, чтобы они обработали этот вид трафика. В общем случае обработка подобного трафика требует выделения достаточного количества ресурсов, с учетом периодов пиковой нагрузки. Приведу пример: чтобы одновременно обработать 30 вызовов, необходимо 30 магистральных каналов. Для модели, при пиковом поступлении вызовов, график соотношения вызовов и времени может выглядеть примерно так, как на рисунке 2.2.

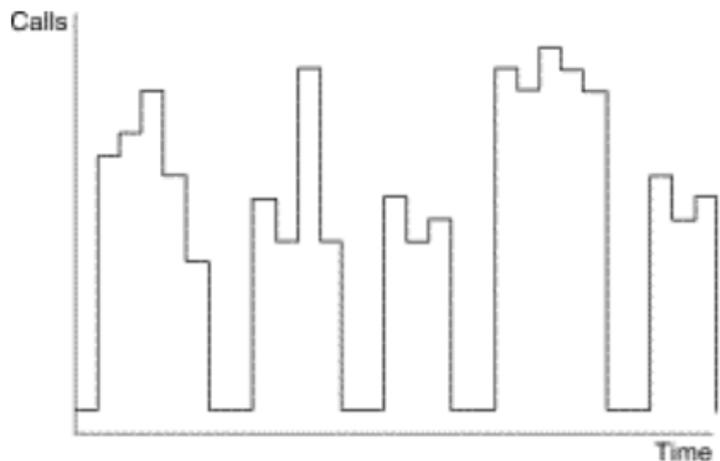


Рисунок 2.2 – Модель пикового поступления вызовов

Модель случайного поступления вызовов.

Модели случайного поступления вызовов, как раз таки определяются именно случайностью. Они также по-другому известны как распределение Пуассона или еще эти модели называют экспоненциальное распределение. Немного расскажу о С. Д. Пуассоне. С. Д. Пуассон – он был математиком первым описавший этот тип распределения, именно поэтому модель случайного поступления вызова названа в его честь. Модели случайного трафика используются в случае, когда у нас есть множество абонентов, каждый из которых создает незначительный объем трафика. Этот тип модели случайного трафика обычно отслеживается в офисных помещениях автоматических телефонных станций. Количество каналов, нужных в этой ситуации, может варьировать от 1 до 30.

Для модели случайного поступления вызовов, график соотношения вызовов и времени может выглядеть примерно так, как на рисунке 2.3.

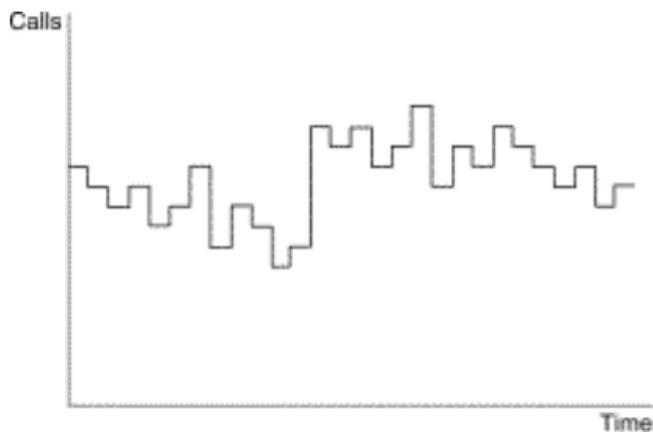


Рисунок 2.3 – Модель случайного поступления вызовов

Заблокированные вызовы.

Заблокированный вызов - это такой вызов, который нельзя обслужить сразу. Вызовы относятся к заблокированным, если они перенаправляются на другую группу магистральных каналов, перекидываются в очередь или для них включается тоновый сигнал или объявление. Выбираемая модель характеризуется типом заблокированных вызовов, поскольку заблокированные вызовы сопровождают нас к различиям в нагрузке трафика. Основные типы заблокированных вызовов:

- утраченные удержанные вызовы (LCH) - такие заблокированные вызовы необратимо утрачиваются. Первоначально модель утраченного удержанного вызова была основана на предположении, что все вызовы, поступающие в систему трафика, удерживаются в течение определенного отрезка времени. Все вызовы включают любой вызов из заблокированных вызовов. Это значит, что такие вызовы удерживаются до тех пор, пока время вызова не истекло;

- утраченные перенаправленные вызовы (LCC) - эти заблокированные вызовы выводятся из системы, то есть когда вызов блокируется, он перенаправляется в другое место. В основном, на другие различные телекоммуникационные системы, которые опираются на трафик;

- утраченные задержанные вызовы (LCD) - эти заблокированные вызовы остаются в системе до такого момента, пока определенная или данная телекоммуникационная система сможет обслужить этот вызов. Модель утраченного задержанного вызова применяется обычно в центрах телефонного обслуживания или в каналах передачи данных, потому что основным фактором для модели LCD - это задержка в связи с нагрузкой трафика;

- утраченные повторные вызовы (LCR) - модель LCR показывает, что после блокирования вызова определенный процент заблокированных абонентов выполняют повторный вызов, а все другие заблокированные абоненты выполняют повторные вызовы до того момента, пока они не будут обслужены. Модель LCR является производной от модели LCC и применяется в модели расширенный Эрланг В.

Количество источников.

Количество источников вызовов, безусловно, имеет отношение к выбираемой модели трафика. Например, если есть только один источник и один магистральный канал, то вероятность того, что вызов заблокируется, будет равна нулю. Чем больше количества источников, тем больше вероятность блокирования вызова. Количество источников несомненно играет большую роль при проектировании небольшой офисной АТС или же станции с малой абонентской емкостью, там где можно получить требуемый уровень обслуживания (GoS) при меньшем числе магистральных каналов.

Время удержания.

Некоторые из немногих моделей трафика учитывают время удержания вызова. Большинство моделей не учитывают время удержания, потому что подразумевается, что время удержания вызова опирается на выше сказанное экспоненциальное распределение. В общем случае вызовы имеют скорее

непродолжительное, чем продолжительное время удержания, то есть время удержания вызова имеет отрицательное экспоненциальное распределение.

2.10 Модели трафика

После того как определяется модель поступления вызовов и заблокированных вызовов, количества источников и времени удержания вызова, можно выбрать модель трафика, которая наилучшим образом будет подходит для вашего окружения или для нужной задачи. Но нужно понимать, что никакая модель трафика не может точно соответствовать реальной ситуации и эти модели предполагают средние значения для каждой ситуации. Существует множество различных моделей трафика, и главным является выбор модели, наиболее подходящей существующему окружению или определенной задачи. Модели трафика, которые используются чаще всего, - это Эрланг В, Расширенный Эрланг В и Эрланг С. Существуют еще другие распространенные модели трафика, такие как: Энгсет, Пуассон, EART/EARC и Нил-Уилкерсон.

Сравнение характеристик моделей трафика содержится в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Сравнение моделей трафика

Модель трафика	Количество источников	Модель поступления	Обработка заблокированного вызова	Время удержания
Пуассон	Неограниченное	Случайная	Удержание	Экспоненциальное
Эрланг В	Неограниченное	Случайная	Перенаправление	Экспоненциальное
Расширенный Эрланг В	Неограниченное	Случайная	Повтор	Экспоненциальное
Эрланг С	Неограниченное	Случайная	Задержка	Экспоненциальное
Энгсет	Ограниченное	Плавная	Перенаправление	Экспоненциальное
EART/EARC	Неограниченное	Пиковая	Перенаправление	Экспоненциальное
Нил-Уилкерсон	Неограниченное	Пиковая	Удержание	Экспоненциальное
Кроммелин	Неограниченное	Случайная	Задержка	Постоянное
Биномиальная	Ограниченное	Случайная	Удержание	Экспоненциальное
Задержка	Ограниченное	Случайная	Задержка	Экспоненциальное

Далее даются определения различным моделям трафика, которые можно выбирать во время расчета количества магистральных каналов, необходимого для конфигурации сети.

2.10.1 Эрланг В

Модель трафика Эрланг В основана на следующих предположениях:

- неограниченное количество источников;
- модель случайного поступления трафика;
- перенаправленные заблокированные вызовы;
- время удержания с экспоненциальным распределением.

Модель Эрланг В применяется тогда, когда заблокированные вызовы перенаправляются без возврата к исходной группе магистральных каналов. То есть эта модель предполагает случайное поступление вызовов. Абонент делает только одну попытку и если вызов блокируется, то вызов перенаправляется. Модель Эрланг В обычно применяется для групп магистральных каналов первой попытки, тогда, когда не нужно учитывать процент повторных вызовов, потому что абоненты перенаправляются или ожидается низкий коэффициент блокирования. Для вычисления модели трафика Эрланг В применяется следующая формула:

$$B(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{\sum_{k=0}^c \frac{a^k}{k!}}, \quad (2.1)$$

где $B(c,a)$ - вероятность блокирования вызова, c - количество каналов, a - интенсивность трафика.

Пример 1. Использование модели трафика Эрланг В [3].

Постановка задачи.

Требуется перепроектировать исходящие группы магистральных каналов для междугородных вызовов, которые сейчас блокируются во время часа наибольшей нагрузки. Отчеты коммутаторов показывают, что в час наибольшей нагрузки на группу магистральных каналов поступает 17 эрлангов трафика. Необходимо снизить коэффициент блокирования, поэтому требуется проект с коэффициентом блокирования менее 1 %.

Решение.

В таблицах Эрланг В можно увидеть, что для 17 эрлангов трафика и уровня обслуживания GoS 0,64 процента требуется 27 каналов, чтобы обработать эту нагрузку трафика.

Также можно проверить коэффициент блокирования с помощью уравнения Эрланг В на основе указанных данных.

Другой способ проверки коэффициента блокирования - это использование функции POISSON электронной таблицы Microsoft Excel следующим образом:

$$=(\text{POISSON}(\langle\text{circuits}\rangle,\langle\text{traffic load}\rangle,\text{FALSE}))/(\text{POISSON}(\langle\text{circuits}\rangle,\langle\text{traffic load}\rangle,\text{TRUE}))$$

В Интернете есть специальные электронные калькуляторы для Эрланг В (Erlang B), Расширенный Эрланг В (Extended Erlang B) и Эрланг С (Erlang C).

2.10.2 Расширенный Эрланг В

Модель трафика “Расширенный Эрланг В” основана на следующих предположениях:

- неограниченное количество источников;
- модель случайного поступления трафика
- перенаправленные заблокированные вызовы;
- время удержания с экспоненциальным распределением.

Модель “Расширенный Эрланг В” учитывает определенный процент от количества, повторных вызовов. Эта модель предполагает, что вызовы поступают случайно, заблокированные абоненты делают несколько попыток вызовов, а перегрузка не допускается. Модель “Расширенный Эрланг В” обычно применяется для отдельных групп магистральных каналов с определенной вероятностью повторных вызовов.

Пример 2. Использование модели трафика Расширенный Эрланг В [3].

Постановка задачи.

Необходимо определить, сколько каналов требуется для определенного сервера коммутируемого доступа. Известно, что в час наибольшей нагрузки трафик составляет порядка 28 эрлангов, и во время этого периода допускается 5 % блокирования. Вы также предполагаете, что 50 % пользователей сразу же осуществляют повторный вызов.

Решение.

В таблицах для модели Расширенный Эрланг В можно увидеть, что для нагрузки 28 эрлангов с вероятностью повторного вызова 50 % и коэффициентом блокирования 4,05 % требуется 35 каналов.

2.10.3 Эрланг С

Модель трафика Эрланг С основана на следующих предположениях:

- неограниченное количество источников;
- модель случайного поступления трафика;
- задержанные заблокированные вызовы;
- время удержания с экспоненциальным распределением.

Модель “Эрланг С” построена на теории очередей. Она предполагает случайное поступление вызовов.

Абонент совершает один вызов и удерживается в очереди до ответа на этот вызов. Модель “Эрланг С” чаще применяется при проектировании устойчивого устройства автоматического распределения вызовов (ACD), чтобы определить необходимое количество агентов. Она также может применяться для определения ширины полосы пропускания в каналах передачи данных, но это не лучшая модель для этой цели. Сейчас объясню почему. Потому что в модели “Эрланг С” необходимо знать количество вызовов или пакетов в час наибольшей нагрузки, среднюю продолжительность вызова или размер пакета и прогнозируемую длительность задержки в секундах. Для вычисления модели трафика Эрланг С применяется следующая формула:

$$C(c, a) = \frac{\frac{a^c c}{c! (c - a)}}{\sum_{k=0}^{c-1} \frac{a^k}{k!} + \frac{a^c c}{c! (c - a)}}, \quad (2.2)$$

где $C(c, a)$ - вероятность задержки вызова, c - количество каналов, a - нагрузка трафика.

Пример 3. Использование модели трафика Эрланг С для голоса [3].

Постановка задачи.

Ожидается, что центр телефонного обслуживания будет принимать приблизительно 600 звонков от телефонных вызовов каждый по 180 секунд, и у каждого агента будет рабочая пауза между вызовами в 20 секунд. Требуется, чтобы пребывание в очереди длилось в среднем примерно 10 секунд.

Решение.

Рассчитайте объем ожидаемой нагрузки трафика. Известно, что имеется приблизительно 600 звонков от телефонных вызовов длительностью по 3 минуты. К этому числу следует добавить 1/3 минуты, потому что каждый агент не отвечает на вызов приблизительно 20 секунд. Дополнительные 20 секунд - это часть объема времени, которое требуется на обслуживание вызова, как показано в этой ниже предоставленной формуле:

$$(600 \text{ calls} \cdot 200 \text{ seconds АНТ})/3600 = 33.33 \text{ erlangs of traffic}$$

Коэффициент задержки вычисляется делением прогнозируемого времени задержки на среднее время удержания:

$$(10 \text{ sec delay})/(200 \text{ seconds}) = 0.05 \text{ delay factor}$$

Пример 4. Использование модели трафика Эрланг С для данных Постановка задачи [3].

Проектируется магистральное соединение между двумя маршрутизаторами. Известно, что обычно передается около 600 пакетов в секунду по 200 байт (1600 бит) в пакете. Умножая 600 пакетов в секунду на 1600 бит в пакете, получаем необходимую ширину полосы пропускания: 960 000 бит в секунду (бит/с). Известно, что есть возможность покупать каналы по 64000 бит/с - это объем данных, необходимый для занятия канала на 1 секунду. Сколько каналов требуется, чтобы время задержки было менее 10 мс?

Решение.

Необходимо рассчитать интенсивность трафика:

$$(960,000 \text{ bps})/(64,000 \text{ bps}) = 15 \text{ erlangs of traffic load}$$

Рассчитать среднее время передачи данных. Умножить количество байт в пакете на 8, чтобы получить количество бит в пакете, а затем разделить это число на скорость канала, то есть на 64000 бит/с, чтобы получить среднее время передачи пакета, следующим образом:

$$(200 \text{ bytes per packet}) \cdot (8 \text{ bits}) = (1600 \text{ bits per packet})/(64000 \text{ bps}) = \\ = 0.025 \text{ seconds (25 ms) to transmit,}$$

$$(\text{Delay factor } 10 \text{ ms})/(25 \text{ ms}) = 0.4 \text{ delay factor.}$$

В таблице Эрланг С можно увидеть, что для нагрузки трафика 15,47 эрлангов и коэффициента задержки 0,4 требуется 17 каналов. Этот расчет основан на предположении, что в каналах нет потери пакетов.

2.10.4 Энгсет

Модель трафика Энгсета основана на следующих предположениях:
-ограниченное количество источников;
-модель плавного поступления трафика;

- заблокированные вызовы перенаправляются из системы;
- время удержания распределено экспоненциально.

Формула Энгсета обычно применяется для окружения, где предполагается, что в группе магистральных каналов будет использоваться ограниченное количество источников. Зная количество источников, можно поддерживать высокий уровень обслуживания. Формула “Энгсета” применяется для такого окружения, как соты системы мобильной связи GSM и концентраторы абонентских линий.

2.10.5 Пуассон

Модель Пуассона основана на следующих предположениях:

- неограниченное количество источников
- модель случайного поступления трафика
- заблокированные вызовы удержаны
- время удержания распределено экспоненциально.

В модели “Пуассона” заблокированные вызовы удерживаются до тех пор, пока канал не станет доступным. Эта модель предполагает случайное поступление вызовов, а абонент делает только одну попытку совершить вызов, и заблокированные вызовы утрачиваются. Модель Пуассона обычно применяется для расчета отдельных групп магистральных каналов групп с запасом.

Для вычисления модели трафика Пуассона используется следующая формула:

$$P(c, a) = 1 - e^{-a} \sum_{k=0}^{c-1} \frac{a^k}{k!}, \quad (2.3)$$

- где $P(c, a)$ — вероятность блокирования вызова;
 e — основание натурального логарифма;
 c — количество каналов;
 a — нагрузка трафика.

Пример 5. Использование модели трафика Пуассона

Постановка задачи.

Создается новая группа магистральных каналов, которая должна использоваться в новом офисе, и необходимо определить, сколько требуется каналов. Существует прогноз, что офис будет совершать и принимать приблизительно 300 вызовов в день со средним временем удержания 240 секунд. Целевые показатели — P.01 GoS или 1 процент блокирования. Чтобы рассчитать параметры с некоторым запасом, сделано предположение, что во

время часа наибольшей нагрузки совершается приблизительно 20 % вызовов. Трафик в час наибольшей нагрузки рассчитывается следующим образом:

$$300 \text{ calls} \cdot 20\% = 60 \text{ calls during the busy hour,}$$

$$(60 \text{ calls} \cdot 240 \text{ АНТ})/3600 = 4 \text{ erlangs during the busy hour.}$$

Решение.

Согласно таблицам “распределения Пуассона”, для обработки нагрузки 4 эрланга с вероятностью блокирования 0,81 % , достаточно близкой к 1 %, требуется 10 магистральных каналов. Это число можно проверить путем подстановки переменных в формулу Пуассона:

$$P(10,4) = 1 - e^{-4} \sum_{k=0}^{10-1} \frac{4^k}{k!} \approx 0.00813$$

Другой способ проверки коэффициента блокирования - это использование функции POISSON электронной таблицы Microsoft Excel следующим образом:

$$=1 - \text{POISSON}(\langle \text{circuits} \rangle - 1, \langle \text{traffic load} \rangle, \text{TRUE})$$

2.10.6 EART/EARC и Нил-Уилкерсон

Модели EART/EARC и Нила-Уилкерсона применяются для моделей пикового трафика. Большинство телефонных компаний используют эти модели для переключаемых групп магистральных каналов, где прослеживается пиковое поступление вызовов. Модель EART/EARC рассматривает и объясняет заблокированные вызовы как перенаправленные, а модель Нила-Уилкерсона рассматривает и объясняет их как удержанные.

2.11 Использование анализа трафика для сетей VoIP

Так как для передачи голосового трафика в VoIP применяется транспортный протокол реального времени RTP, значит можно использовать те же самые принципы для расчета ширины полосы пропускания в глобальных сетях. При расчетах ширины полосы пропускания возникает ряд проблем. Факторы, которые перечисляются далее, влияют на ширину полосы пропускания в сетях голосовой связи:

- голосовые кодеки;
- сегменты;
- определение активности речи;
- сжатие заголовков протокола RTP;
- сравнение интерфейсов «точка-точка» и «точка-группа точек».

Голосовые кодеки.

В IP-телефонии применяются множество голосовых кодеков. Все эти кодеки характеризуются разной скоростью передачи данных в битах и различными уровнями по сложности вычислений. Некоторыми из стандартных голосовых кодеков являются такие кодеки, как G.711, G.729, G.726, G.723.1 и G.728. Кодеки играют важную роль и влияют на пропускную способность, так как именно они определяют объем полезной нагрузки в пакетах, передаваемых через IP-участок вызова. В голосовых шлюзах можно настроить полезную нагрузку, чтобы контролировать ширину полосы пропускания. За счет увеличения размера полезной нагрузки уменьшается общее количество пересылаемых пакетов и, таким образом, уменьшается ширина полосы пропускания при уменьшении количества заголовков, требуемых для вызова.

Сегменты.

Количество сегментов в пакете - это еще один фактор, который определяет ширину полосы пропускания голосового вызова. Кодек вычисляет размер отдельного сегмента. Но на количество пакетов, передача которых происходит в секунду, влияет общее количество сегментов в пакете. Именно таким образом, общая полоса пропускания вызова зависит от числа сегментов в пакете. Например, 10-миллисекундный сегмент G.711 содержит 80 байт. Вызов только с одним сегментом в пакете дает такой результат:

$$80 \text{ bytes} + 20 \text{ bytes IP} + 12 \text{ UDP} + 8 \text{ RTP} = 120 \text{ bytes per packet,}$$

$$120 \text{ bytes per packet} \cdot 100 \text{ pps} = (12000 \cdot 8 \text{ bits})/1000 = 96 \text{ kbps per call.}$$

Тот же вызов, в котором используется по два 10-миллисекундных сегмента в пакете, дает такой результат:

$$(80 \text{ bytes} \cdot 2 \text{ samples}) + 20 \text{ bytes IP} + 12 \text{ UDP} + 8 \text{ RTP} = 200 \text{ bytes per packet,}$$

$$(200 \text{ bytes per packet}) \cdot (50 \text{ pps}) = (10000 \cdot 8 \text{ bits})/1000 = 80 \text{ kbps per call.}$$

Эти результаты дают четкую картину, что между двумя вызовами появляется разница в 16 Кбит/с. Путем изменения количества сегментов в пакете можно точно изменить ширину полосы пропускания, которая

используется вызовом, но здесь есть компромисс. В случае увеличения количества сегментов пакета также увеличивается длительность задержки каждого вызова. При обработке каждого вызова ресурсы цифрового сигнального процессора (DSP) должны отводиться под буферизацию сегментов на протяжении значительного времени. Это следует учитывать при проектировании сети голосовой связи.

Определение активности речи.

Обычный разговор может содержать от 35 до 50 % тишины. В традиционных схемах сетей переключения голоса все голосовые звонки имеют фиксированную полосу пропускания 64 кбит/с, независимо от того, какой объем в разговоре занимает речь и молчание. В сети VoIP все разговоры и молчание делятся на пакеты. Функция обнаружения активности речи (VAD) посылает пакеты RTP, только если звук распознается. При планировании пропускной способности по VoIP предполагается, что функция VAD уменьшает пропускную способность на 35%. Несмотря на то, что это значение может быть меньше величины фактического уменьшения, оно представляет консервативную оценку, включившая в учет различные диалекты и модели речевого поведения. Кодеки G.729 Annex-B и G.723.1 Annex-A содержат интегрированные функции VAD, но в остальном работают так же, как и G.729 и G.723.1.

Сжатие заголовков протокола RTP

Все пакеты VoIP состоят из двух частей: аудиоклипы и заголовки IP / UDP / RTP. Несмотря на звуковые чипы, он сжимается с помощью процессора цифровых сигналов (DSP), и его размер зависит от используемого кодека, а заголовки всегда содержат 40 байтов. По сравнению с 20 байтами аудиоклипов в вызове G.729 по умолчанию, эти заголовки составляют больший объем служебных данных. Используя сжатие адресов RTP (сRTP), которое используется для каждого соединения, эти заголовки могут быть сжаты до 2-4 байтов. Это давление может обеспечить значительную экономию полосы пропускания возможности VoIP. Например, стандартный голосовой вызов G.729 использует 24 Кбит/с без сRTP и только 12 Кбит/с с сRTP. Тип кодирования, количество частей в пакете, функция VAD и сжатие заголовка сRTP так или иначе влияют на пропускную способность. В каждом случае существует связь между качеством звука и пропускной способностью. Использование полосы пропускания появляется в разных ситуациях. График предполагает, что эффективность VAD составляет 50%. Таблица 2.4 описывает влияние полезной нагрузки на требования к производительности различных кодеков.

Таблица 2.4 – Характеристики голосового кодека [3]

Алгоритм	Полоса пропускания голоса, Кбит/с	Размер кадра, байт	Полезная нагрузка, байты	Количество пакетов в секунду	Заголовок IP/UDP /RTP, байты	Заголовок CMT, байты	L2	Заголовок уровня 2, байты	Общая пропускная способность, Кбит/с, VAD
G.711	64	80	160	50	40		Ether	14	85,6
G.711	64	80	160	50		2	Ether	14	70,4
G.711	64	80	160	50	40		PPP	6	82,4
G.711	64	80	160	50		2	PPP	6	67,2
G.711	64	80	160	50	40		FR	4	81,6
G.711	64	80	160	50		2	FR	4	66,4
G.711	64	80	80	100	40		Ether	14	107,2
G.711	64	80	80	100		2	Ether	14	76,8
G.711	64	80	80	100	40		PPP	6	100,8
G.711	64	80	80	100		2	PPP	6	70,4
G.711	64	80	80	100	40		FR	4	99,2
G.711	64	80	80	100		2	FR	4	68,8
G.729	8	10	20	50	40		Ether	14	29,6
G.729	8	10	20	50		2	Ether	14	14,4
G.729	8	10	20	50	40		PPP	6	26,4
G.729	8	10	20	50		2	PPP	6	11,2
G.729	8	10	20	50	40		FR	4	25,6
G.729	8	10	20	50		2	FR	4	10,4
G.729	8	10	30	33	40		Ether	14	22,4
G.729	8	10	30	33		2	Ether	14	12,3
G.729	8	10	30	33	40		PPP	6	20,3
G.729	8	10	30	33		2	PPP	6	10,1
G.729	8	10	30	33	40		FR	4	19,7
G.729	8	10	30	33		2	FR	4	9,6
G.723.1	6,3	30	30	26	40		Ether	14	17,6
G.723.1	6,3	30	30	26		2	Ether	14	9,7
G.723.1	6,3	30	30	26	40		PPP	6	16,0
G.723.1	6,3	30	30	26		2	PPP	6	8,0
G.723.1	6,3	30	30	26	40		FR	4	15,5
G.723.1	6,3	30	30	26		2	FR	4	7,6
G.723.1	5,3	30	30	22	40		Ether	14	14,8
G.723.1	5,3	30	30	22		2	Ether	14	8,1
G.723.1	5,3	30	30	22	40		PPP	6	13,4
G.723.1	5,3	30	30	22		2	PPP	6	6,7
G.723.1	5,3	30	30	22	40		FR	4	13,1
G.723.1	5,3	30	30	22		2	FR	4	6,4

Сравнение интерфейсов «точка-точка» и «точка-группа точек».

Поскольку сети ТфОП построены по схеме «точка-точка», сети VoIP обычно используют систему «точка-группа точек», то следует учитывать поток трафика и группировать его соответствующим образом. Это группирование

начинает играть большую роль при определении пропускной способности в переключаемых соединениях.

На рисунке 2.4 показана сеть, в которой все соединения WAN работают более чем нормально.

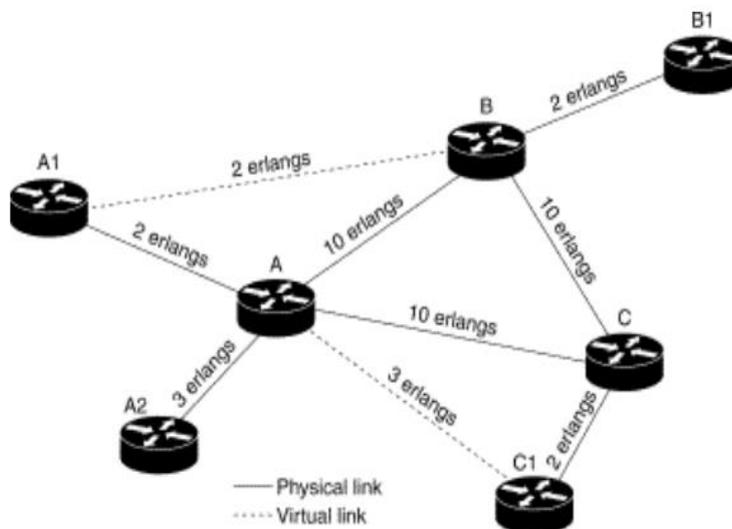


Рисунок 2.4 – Топология нормального функционирования

Пропускная способность, необходимая для соединений «точка-точка», не превышает общую нагрузку голосовых вызовов, которые приходят и исходят из подключений ТфОП, хотя качество звука может ухудшиться при приближении к скорости соединения. Если одно из этих соединений потеряно, необходимо убедиться, что коммутируемые соединения имеют достаточную пропускную способность для обработки увеличенного трафика. На рисунке 2.5 соединение WAN между узлами A и B было потеряно. В этом случае количество движения между узлами A, C, C и B увеличивается. Этот дополнительный трафик требует, чтобы эти соединения были разработаны с учетом дополнительных издержек.

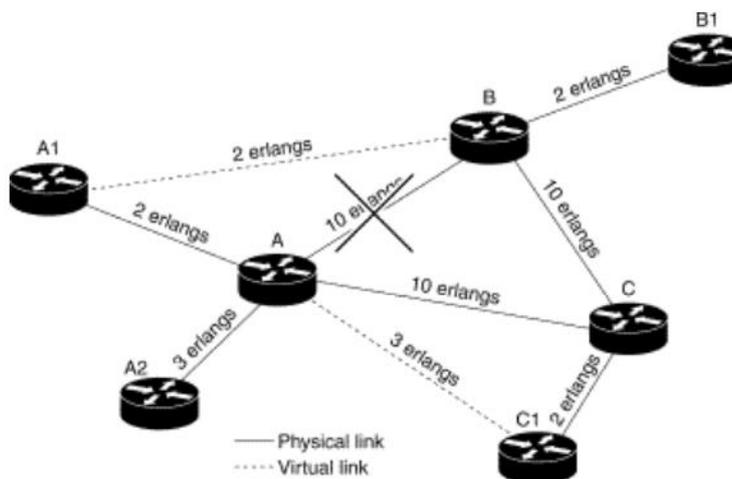


Рисунок 2.5 – Топология с неисправным соединением

2.12 Пример анализа сквозного трафика

По соответствующим таблицам трафика довольно легко определить количество каналов, необходимое для обработки вызовов. Установив количество вызовов на стороне соединения ТфОП, также можно определить ширину полосы пропускания, необходимую для участка IP вызова. К сожалению, их сопоставление может быть проблематичным. Рисунок 2.6 показывает топологию сети, используемую для этого примера.

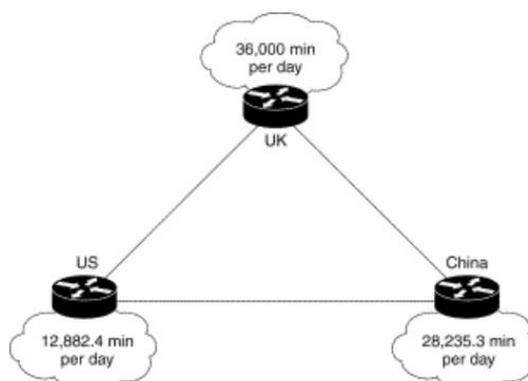


Рисунок 2.6 – Пример топологии

Пример [3].

В примере, показанном на рисунке 2.6, у нас есть офисы в США, Китае и Великобритании (обозначенные на Рис. 2.6 как US, China и UK). Так как главный офис находится в Великобритании, приобретаются выделенные каналы из Великобритании в США и Китай. Большая часть трафика исходит из Великобритании в США или Китай, но некоторая часть трафика проходит между Китаем и США. Журналы детальной регистрации вызовов (CDR) показывают такую статистику:

- Великобритания 36000 минут в день;
- США 12882,4 минут в день;
- Китай 28235,3 минут в день.

Для этой сети делаются такие предположения:

- трафик на каждом узле имеет модель случайного поступления вызовов;
- время удержания экспоненциально;
- заблокированные вызовы перенаправляются из системы;
- число абонентов не ограничено.

Эти предположения указывают на то, что модель Эрланга В может использоваться для определения размера групп магистральных каналов в сети ТфОП. Каждая основная группа соединительных линий требует уровня обслуживания GoS (P.01).

Решение.

Вычислим нагрузку трафика для соединений ТфОП на каждом узле следующим образом:

$$U.K. = (36,000 \text{ min per day}) \cdot 17\% = (6,120 \text{ min per busy hour})/60 = 102 \text{ ВНТ},$$

$$U.S.A = (12,882.4 \text{ min per day}) \cdot 17\% = (2,190 \text{ min per busy hour})/60 = 36.5 \text{ ВНТ},$$

$$\text{China} = (28,235.3 \text{ min per day}) \cdot 17\% = (4,800 \text{ min per busy hour})/60 = 80 \text{ ВНТ}.$$

Эти значения точно указывают количество каналов, необходимых для соединений PSTN в каждом из узлов. При разумном объеме трафика вы можете найти ближайшее подходящее значение в таблице.

В Соединенном Королевстве пиковый часовой трафик (ВНТ) 102 и Go.01 (GoS) показывают, что для поддержки этой нагрузки требуется 120 линий DS-0.

Трафик в Соединенных Штатах указывает, что для коэффициента запрета P.01 с нагрузкой трафика 36,108 требуется 48 каналов. Поскольку трафик в пиковое время (ВНТ) составляет 36,5 эрланга, можно наблюдать немного более высокую скорость блокировки, чем P.01. Используя формулу Эрланга В, можно рассчитать, что коэффициент блокировки будет равен примерно 0,01139.

Для 80 эрлангов трафика ВНТ с уровнем обслуживания GoS P01 таблица Эрланг В показывает, что можно использовать одно из двух чисел. При коэффициенте блокировки P.01 для 80,303 эрлангов требуются 96-канальный трафика. Поскольку каналы располагаются в блоках 24 и 30 при работе с цифровым мультимедиа, необходимо выбрать 4 линии T1 (96 строк DS-0) или 4 линии E1 (120 строк DS-0). Четырех линий E1 - слишком много для ожидаемого объема трафика, но вы принимаете во внимание фактор блокировки. Зная необходимое количество каналов ТфОП, необходимо определить ширину полосы пропускания в двухточечных интерфейсах.

Поскольку объем трафика, требуемый для сектора IP, определяется объемом трафика в разделе ТфОП, количество линий DS-0 может быть напрямую связано с запрошенным размером полосы пропускания.

Сначала надо выбрать кодек, используемый между точками присутствия. Кодек G.729 является самым популярным, потому что он имеет хорошее качество звука и уровень сжатия. Соединение G.729 использует эту полосу пропускания:

- полный объем 26,4 Кбит/с на вызов с заголовками;
- 11,2 Кбит/с на вызов с VAD;
- 9,6 Кбит/с на вызов с сRTP;
- 6,3 Кбит/с на вызов с VAD и CRTP.

Таким образом, пропускная способность связи между Великобританией и США составляет:

$$\text{-полный объем: } 96 \text{ DS0} \cdot 26,4 \text{ Кбит/с} = 2,534 \text{ Мбит/с};$$

-VAD: $96 \text{ DS0} \cdot 11,2 \text{ Кбит/с} = 1,075 \text{ Мбит/с}$;

-cRTP: $96 \text{ DS0} \cdot 17,2 \text{ Кбит/с} = 1,651 \text{ Мбит/с}$;

-VAD/cRTP: $96 \text{ DS0} \cdot 7,3 \text{ Кбит/с} = 700,8 \text{ Мбит/с}$.

Таким образом, пропускная способность для соединения между Великобританией и Китаем равна:

-полный объем: $72 \text{ DS0} \cdot 26,4 \text{ Кбит/с} = 1,9 \text{ Мбит/с}$;

-VAD: $72 \text{ DS0} \cdot 11,2 \text{ Кбит/с} = 806,4 \text{ Мбит/с}$;

-RTP: $72 \text{ DS0} \cdot 17,2 \text{ Кбит/с} = 1,238 \text{ Мбит/с}$;

-VAD/cRTP: $72 \text{ DS0} \cdot 7,3 \text{ Кбит/с} = 525,6 \text{ Мбит/с}$.

Можно заметить, что функции VAD и cRTP оказывают значительное влияние на полосу пропускания, необходимую для подключения к глобальной сети.

2.13 Механизмы поддержки качества обслуживания в шлюзе

Подавление пауз.

Прерывистая передача (DTX), или так называемая технология паузы, основана на том факте, что во время большинства телефонных разговоров в данный момент времени разговаривает только один абонент, а другая молчит. Следовательно, вместо непрерывной передачи пакетов по IP-сети, некоторой передаваемой речи и некоторой тишине и шуму в фоновом режиме, определяется пауза и приостановка передачи по расписанию, потенциально обеспечивая до 50% полосы пропускания. Механизм при прерывистом шифровании, известный как обнаружение голосовой активности (VAD), позволяет вам указать, когда абонент начинает говорить и когда заканчивает. Основная же проблема при использовании этой технологии заключается в потенциальном снижении качества речи из-за отсечки звуков. Дело в том, что когда человек начинает говорить, первые звуки могут ошибочно считаться шумом и, следовательно, блокироваться. Когда размер сигнала достигает определенного уровня, система распознает его как слово, и конец слова будет отправлен. Слушатель воспринимает этот негативный эффект как неприятное исчезновение звука.

Основной целью VAD является разграничение шума и речи. Фоновый шум присутствует во время любого разговора, поэтому в алгоритме подавления молчания должен быть указан определенный порог: если уровень входного сигнала превышает этот порог, а символ сигнала соответствует одной букве, считается, что человек начал говорить. Для систем VAD очень важно выбрать этот момент как можно скорее, иначе первая часть слова будет пропущена. Интервал между началом оператора и временем, в которое сигнал выбран и начинает шифроваться, будет считаться потерей звука.

Эффективность технологии DTX зависит от точности речевой активности. Как же тогда достичь приемлемой пропорции между риском прерывания голоса и риском неправильного восприятия шума как сигнала речи? При выполнении механизмов VAD, во-первых, спектральная форма речи изменяется с короткими интервалами (20-30 мс), в то время как фоновый шум остается общим правилом в течение гораздо более длительных периодов, а во-вторых, уровень речевого сигнала обычно выше уровня фонового шума.

Во время паузы вы не можете перестать передавать все звуки, потому что в этом случае абонент почувствует, что телефон не работает. Технология DTX предусматривает это и добавляет некоторый фоновый шум, известный как «комфортный шум», который должен восприниматься аналогично «естественному» фону.

Описанный выше подход DTX используется в мобильной телефонии уже на протяжении многих лет, а кодек GSM встроен в DTX / VAD.

Эхоподавление.

Эхо - обычное явление для любых аудио соединений. Два человека, разговаривающие друг с другом, часто не обращают внимания на то, что произносимые ими слова отражают окружающие вещи. В телефонной связи эхо-сигналы обычно делятся на два голоса. Голосовое эхо возникает на стороне участника, когда отражение звука в комнате или голосовая связь между микрофоном и телефоном отражаются в помехах для слушателя. Гибридные эхо-сигналы возникают в телефонной сети, и это необходимо учитывать разработчикам телефонных портов.

Основной причиной эхо-сигналов в телефонной сети является плохое согласующее сопротивление при подключении двух и четырех проводов. Это обычная ситуация в местоположении ТфОП, когда четырехпроводная передача подключена к двухпроводной общей линии. Рассогласование сопротивлений приводит к тому, что часть энергии речевого сигнала, проходящего через четырехпроводную линию, отражается обратно в направлении динамика в виде искаженной и отсроченной версии сигнала. Если задержка в канале передачи мала, отражение сигнала не вызовет особых проблем, и по мере увеличения громкоговоритель будет воспринимать возвращенный сигнал как эхо.

В соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G.131 резонанс становится неприемлемым, когда двусторонняя задержка превышает 50 мс. В системах IP-телефонии задержка может быть намного больше.

Например, кодек G. 723.1 задерживает сигнал только на 37,5 миллисекунд. Все это заставляет учитывать возможность отказов не только при проектировании портала, но и при проектировании всей IP-сети, для уменьшения задержки.

В сети с коммутацией каналов эхо-сигналы обычно исключаются, но, как правило, это делается только в трансформаторах, подключенных к каналам с высокой задержкой. Шлюз VoIP часто подключается к локальному телефону или специальной ветке (УАТС), что не устраняет эхо. Вот почему у самого портала должны быть свои механизмы для борьбы с этим негативным явлением.

Исторически сложилось так, что системы передачи речи используют два типа механизмов, которые устраняют эхо: подавление и компенсация. Первый самый старый механизм - эхоподавление (G.164) - определяет основное направление передачи голоса и запрещает все сигналы, идущие в противоположном направлении. В результате связь становится полудуплексной. Компенсация эха (G.165 и G.168) - более продвинутый механизм, позволяющий удалять отраженный сигнал, сохраняя при этом двойную природу соединения.

Основное различие между эхокомпенсатором и эхоподавлением заключается в наличии линейного фильтра в первом. Когда сигнал проходит непосредственно через фильтр, формируется традиция эхо-сигнала, который вычитается из обратного сигнала, снижая уровень эхо-сигнала. Эффективность фильтра зависит от таких факторов, как точность расчета задержки и имитация отраженного сигнала, адаптация к изменяющимся обстоятельствам во время разговора и т. д.

Во многих случаях применение одного линейного фильтра может оказаться недостаточным для удовлетворительного подавления эха. В таком случае сигнал с выхода этого фильтра передается через нелинейный процессор, который уменьшает эффект эха или полностью или частично запрещает сигнал, если в нем присутствует непрямо́й (слабый) резонанс. Нежелательными последствиями могут быть использование процессора нелинейных искажений для сигнала (слова будут выглядеть «рублеными») и внезапное исчезновение фонового шума. Это еще одна причина, чтобы добавить «комфортный шум».

Сглаживающий буфер.

Аудио трафик может быть описан непрерывным унифицированным потоком пакетов. Если это единообразие нарушается во время процесса ожидания в маршрутизаторах (есть различия в задержке пакета) и не предпринимаются меры для его восстановления, абонент получит кадр для разговора с другой задержкой - будет слышна «рваная» речь с провалами в принятом сигнале. Для обеспечения нормального качества необходимо обеспечить равномерный поток речевых кадров.

Этот буфер получает и сохраняет фреймы, переданные кодеку через равные промежутки времени. Изменение задержки удаляется, но может быть и

дополнительная задержка, равная общей продолжительности кадров, сохраненных в буфере. Поэтому важно убедиться, что в буфере хранится только минимальное количество фреймов, необходимое для устранения изменения задержки.

Для обеспечения однородности в операторах могут быть реализованы два типа буферов: с постоянными и переменными рабочими задержками. В первом случае перед отправкой каждого принятого пакета в декодер буфер сохраняет его в течение определенного периода времени. В то же время, если пакеты приходят из сети с задержкой ниже, чем та, для которой предназначен буфер, они будут.

Фрагментация.

Функции дефрагментации и сборки также настроены на протокол IP. Розничная торговля - это большой раздел данных на несколько небольших частей. Большинство локальных и глобальных сетей имеют ограничения на максимальный размер кадра. Это значение называется максимальной единицей передачи (MTU). Например, в сетях Ethernet это значение составляет 1500 байт, а в FDDI - 4096 байт.

Когда маршрутизатор перенаправляет дейтаграмму из одной сети в другую, она может быть недействительной в новой сети. Спецификация IP предоставляет следующее решение этой проблемы: маршрутизатор может разбить дейтаграмму на более мелкие приемлемые части среды вывода, и в месте назначения эти части будут повторно интегрированы в дейтаграмму исходной формы. Части, созданные вектором, определяются смещением от начала исходной дейтаграммы.

2.14 Механизмы поддержки качества обслуживания в IP сети

RSVP.

Использование протокола RSVP, рекомендованного IETF, является одним из средств обеспечения качества VoIP-телефонии, особенно интернет-телефонии. При использовании RSVP для мультимедийных программ может потребоваться определенное качество обслуживания (QoS) через любой текущий сетевой протокол - особенно IP, хотя UDP может использоваться для обеспечения высококачественной передачи звука и видео. RSVP обеспечивает QoS из-за того, что определенный объем данных может быть передан через каждый компьютер или узел, который подключает участников к телефонному разговору.

RSVP предназначен только для резервирования части полосы пропускания. Используя RSVP, отправитель периодически уведомляет получателя о количестве свободных ресурсов с помощью сообщения пути RSVP (рисунок 2.7). Маршрутизаторы, проходящие через это сообщение, также

анализируют количество доступных им свободных ресурсов и подтверждают их с помощью соответствующего сообщения RSVP Resv, отправленного в противоположном направлении. Если ресурсов достаточно, отправитель начинает отправку. Если ресурсов недостаточно, получатель должен уменьшить требования или прекратить отправку информации.

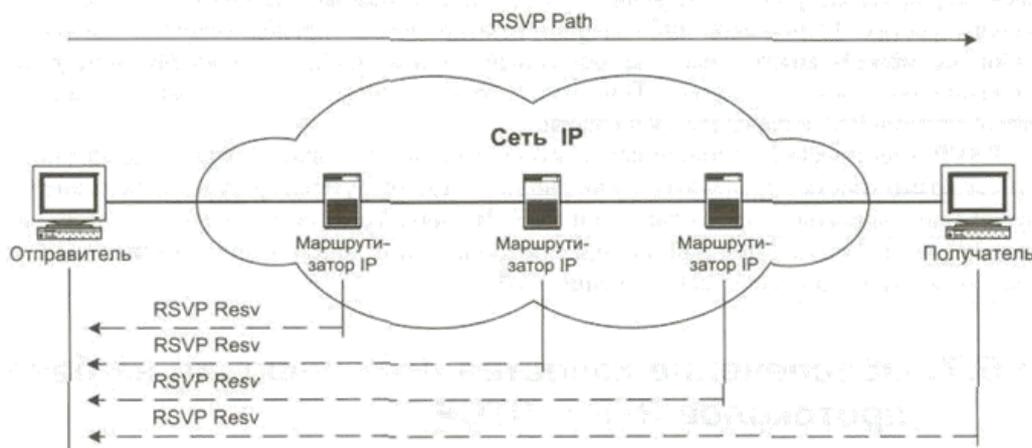


Рисунок 2.7 – Применение протокола RSVP

Интересной особенностью RSVP является то, что запросы на резервирование ресурсов отправляются только от получателей к отправителям, а не наоборот. Этот подход объясняется тем, что только устройство получателя знает, как быстро принимаются данные для надежного дешифрования аудио- или видеосигналов. Еще одной уникальной особенностью RSVP является то, что бронирование осуществляется только в одном направлении. Кроме того, RSVP не позволяет смешивать аудио- и видеосигналы по зарезервированному каналу.

Когда программы RSVP завершают сеанс, они должны вызывать функцию отмены, предусмотренную в этом протоколе. Отмена аннулирует все запросы ресурсов, сделанные программой, и позволяет другим приложениям использовать их возможности подключения к Интернету. Если программа не может быть отменена, средства, предусмотренные протоколом, обнаружат это через определенный промежуток времени и автоматически отменит запрос ресурса.

Недостаток протокола RSVP состоит в том, что полоса пропускания, выделенная источнику информации, минимизируя активность источника, не может использоваться для передачи другой информации. Поскольку RSVP требует, чтобы ресурсы или каналы связи были зарезервированы для качества обслуживания, пренебречь или не администраторы могут получить доступ к сетевым ресурсам, иницируя несколько сеансов QoS, соответственно. Как только канал зарезервирован, доступ к нему невозможен для других пользователей, даже если человек, который его запросил, ничего не передает. К сожалению, RSVP не имеет четкого механизма предотвращения таких случаев,

и решение этой проблемы лежит на сетевых администраторах. Очевидно, что для обеспечения успеха RSVP необходимо обеспечить более жесткий контроль.

Как альтернатива этому способу может использоваться алгоритм управления потоками на основе системы приоритетов, однако в существующей версии IP этот механизм развит недостаточно. Механизм управления приоритетами должен быть реализован в следующей шестой версии IP, где предусматривается введение до 16 приоритетов, а также возможность организации нескольких логических потоков в рамках одного физического соединения. Однако в настоящее время аппаратура, реализующая IP версии 6, только начала появляться на рынке.

Ввиду зависимости RSVP от совместимости промежуточных узлов - в большинстве случаев маршрутизаторов - это влечет за собой неизбежные проблемы, в частности, в глобальных сетях. Если какой-либо маршрутизатор достиг предела своих возможностей, когда он не может гарантировать запрошенный уровень QoS, все последующие запросы будут игнорироваться и удаляться. При отказе только одного узла обслуживать запрос вся стройная система RSVP распадается на части.

RSVP имеет весьма хорошие перспективы на корпоративном уровне, где администратор имеет возможность определить, какие параметры маршрутизатор будет использовать для обслуживания запросов о предоставлении QoS. В глобальных сетях маршрутизаторы вовсе не обязательно находятся под той же юрисдикцией, что и хосты и приложения, производящие запросы, что усложняет гарантирование QoS.

DiffServ.

Еще одна технология обеспечения QoS разработана рабочей группой IETF по дифференцированному обслуживанию (Differentiated Services, DiffServ). Эта группа выделилась из рабочей группы по интегрированному обслуживанию (Integrated Services, IntServ), задача которой состоит в разработке стандартов для поддержки графика Internet реального времени.

Проводимая в рамках IntServ работа отражает некоторые из особенностей концепции RSVP. Интегрированное обслуживание предполагает сигнализацию из конца в конец и в действительности использует RSVP между отправителями и получателями.

IntServ.

IntServ определяет три класса обслуживания для IP-сетей:

- по мере возможности - то, что сейчас предлагает Internet;
- с контролируемой загруженностью - приложение получает тот уровень обслуживания, какой оно имело бы в слабо загруженной сети;
- гарантированным обслуживанием - необходимая пропускная способность в течение всего сеанса предоставляется с гарантией на параметры качества обслуживания.

Как и RSVP, интегрированное обслуживание имеет проблемы с масштабированием, поэтому данная технология вряд ли пробьется за пределы корпоративных сетей. И, как было отмечено, RSVP предполагает весьма значительные накладные расходы, так как каждый узел вдоль пути следования пакетов должен согласиться предоставить запрошенное качество услуг.

Дифференцированное обслуживание предлагает более простой и масштабируемый метод QoS для приложений реального времени. Одним из ключевых моментов в работе над DiffServ является переопределение 8-битного поля «Тип сервиса» в заголовке IPv4. Названное «Дифференцированным обслуживанием» (DS), это поле может содержать информацию, на основании которой узлы вдоль маршрута определяют, как им следует обрабатывать пакеты и передавать их следующему маршрутизатору.

В настоящее время только 6 из 8 бит в поле DS были определены, и только одно назначение было стандартизовано. Это назначение известно как принятое по умолчанию -Default (DE), - и оно определяет класс обслуживания по мере возможности. Другое предполагаемое назначение, срочная отправка (Expedited Forwarding, EF), должно обеспечить сокращение задержек и потерь пакетов.

При поступлении графика в сеть краевой маршрутизатор классифицирует график в соответствии с информацией, содержащейся в поле DS. Он передает следующим за ним маршрутизаторам эту информацию, на основании которой они узнают, каким образом обрабатывать данный конкретный поток.

DiffServ, кроме того, сокращает служебный график по сравнению с RSVP и IntServ, опирающимся на сигнализацию из конца в конец. DiffServ классифицирует потоки в соответствии с predetermined правилами и затем объединяет однотипные потоки. Подобный механизм делает DiffServ гораздо более масштабируемым, чем его предшественника IntServ. Весь трафик с одинаковыми метками рассматривается одинаковым образом, поэтому реализация DiffServ в сети крупного предприятия или по каналам глобальной сети оказывается более реальной задачей.

Как можно догадаться, преимущества DiffServ нельзя получить автоматически. Маршрутизаторы должны понимать «меченые потоки» и уметь соответствующим образом реагировать на них. Это потребует модернизации микропрограммного обеспечения маршрутизаторов. К счастью, с популярностью DiffServ все большее число производителей намеревается поддерживать данную архитектуру в будущих версиях своих продуктов.

MPLS.

Конкурентом DiffServ на роль протокола для обеспечения QoS является другой проект IETF под названием «Многопротокольная коммутация меток» (Multiprotocol Label Switching, MPLS).

При IP-коммутации узел анализирует первые несколько пакетов поступающего трафика и, в случае короткой посылки, например запроса DNS или SNMP, обрабатывает их как обычный маршрутизатор. Но если узел

идентифицирует длительный поток - от графика telnet или ftp до загрузки файлов через Web и мультимедийных приложений, то IP-коммутатор переключается на нижележащую структуру ATM и применяет сквозную коммутацию для быстрой доставки данных адресату.

IP-коммутация поддерживает различные уровни QoS и может использовать ATM, имеющий многочисленные встроенные средства поддержки QoS, и RSVP.

Конкуренцию IP-коммутации составила тег-коммутация. Как видно из названия, данная технология предполагает присоединение к пакетам меток для информирования коммутаторов и маршрутизаторов о природе графика. Не углубляясь в анализ пакета, устройства просто считывают метку в заголовке для определения соответствующего маршрута потоку графика.

Если DiffServ задействует заголовок DS, уже имеющийся в пакетах IPv4, то MPLS использует 32-разрядную информационную метку, добавляемую к каждому IP-пакету. Эта метка, добавляемая при входе в сеть с поддержкой MPLS, сообщает каждому маршрутизатору вдоль пути следования, как надо обрабатывать пакет. В частности, она содержит информацию о требуемом для данного пакета уровне QoS.

В отличие от поля DS, метка MPLS изначально не является частью пакета IP. Скорее, она добавляется при поступлении пакета в сеть и удаляется при выходе пакета из сети MPLS.

В обычной ситуации маршрутизаторы анализируют заголовок пакета для определения его адресата. Ввиду того, что такой анализ проводится на каждом транзитном узле независимо, предсказать, каким маршрутом будет следовать пакет, практически невозможно, поэтому обеспечение гарантированного уровня QoS оказывается невероятно сложной задачей.

При использовании меток MPLS маршрутизатор или коммутатор может присвоить метки записям из своих таблиц маршрутизации и в виде меток передать информацию о маршрутизации конкретным маршрутизаторам и коммутаторам. Считав метку, каждый коммутатор или маршрутизатор узнает информацию о следующем адресате на пути, не анализируя заголовок пакета. Это экономит время и ресурсы ЦПУ. Пакеты с метками MPLS могут, следовательно, передаваться от отправителя к получателю без задержек на обработку, причем все промежуточные узлы знают, как нужно обрабатывать каждый пакет.

По сути, MPLS привносит коммутацию каналов, какую мы имеем в ATM, в мир пакетных сетей, связанных с IP. На практике MPLS можно использовать для доставки IP-графика по сетям IP. Следует отметить, что DiffServ функционирует на третьем уровне, а MPLS - на втором, поэтому с технической точки зрения обе технологии могут мирно существовать друг с другом. Как уже упоминалось, DiffServ классифицирует пакеты при их поступлении на краевой маршрутизатор, поэтому данный стандарт, скорее всего, будет использоваться на границе сети, например, между компанией и ее сервис-провайдером. А ввиду того, что MPLS предполагает включение

дополнительных меток и использование маршрутизаторов/коммутаторов, способных интерпретировать данную информацию, он, вероятно, найдет применение исключительно внутри корпоративных сетей или базовой сети оператора, где требуется высокий уровень QoS для IP-трафика.

Если DiffServ требует некоторой настройки сетевых маршрутизаторов, то MPLS предполагает более серьезную модернизацию, чтобы маршрутизаторы могли читать метки и направлять пакеты по конкретным маршрутам.

В настоящее время DiffServ пользуется более широким вниманием, и он ближе к окончательной стандартизации, чем MPLS. Однако каждая из технологий имеет свои преимущества в конкретных областях сети, поэтому поставщики, скорее всего, будут поддерживать их обе.

3 Расчетная часть

3.1 Пропускная способность канала

Пропускные способности каналов зависят от нагрузки, типа трафика и являются одним из важных технических составляющих при архитектуре построения сетей. Оценив пропускную способность и анализ трафика можно примерно определить нагрузку канала.

Пользователи VoIP сильно загружают канал, т.к. для обеспечения хорошего качества передаваемого аудио сигнала, нужен канал не меньше 8 кбит/с. Время работы пользователей составляет в день 1 час, а время работы канала E1 составляет 6 часов.

Время и количество передаваемых информации зависит от информационной статистики опытов.

Рассчитаем объем передаваемых голосовых информации одного сервера в локальной сети со скоростью 100 Мбит/с. Для этого воспользуемся формулой (3.2):

$$Q = \frac{q}{8} \cdot t \cdot 3600, \quad (3.1)$$

где q – скорость передачи мультимедийных информации, бит/с;

t – время передачи, час.

После кодера G.729 скорость передачи одного канала E1 уменьшается от 2048 Кбит/с до 256 Кбит/с. Для двух E1 каналов составит 512 Кбит/с. Время работы одной линий 6 часов.

Объем передаваемых мультимедийных информации, байт, по одному разрешенному серверу определим по формуле (3.2):

$$Q = \frac{512000}{8} \cdot 6 \cdot 3600 = 1382400000$$

Для дальнейших расчетов нужно узнать количество передаваемых IP-кадров внутри Ethernet за один рабочий день. Используемая в нашем проекте аппаратуры Cisco Systems, дают измерения отвечающие требованиям IP-порядкам. Подчеркивая особенности кодека G.729, рекомендуется брать для IP-порядка 78 байт, где 53 байт информационные и 25 байт адресные. Для Ethernet все IP-порядки являются полезной нагрузкой.

Чтобы определить объем передаваемой полезной информации за один рабочий день, найдем нужное число Ethernet кадров по формуле 3.3:

$$N = \left[\frac{Q}{53} \right] + 1, \quad (3.2)$$

где Q – объем передаваемой информации, байт;
53 – длина одной(полезной) информации Ethernet кадра;
[] – скобки означают целую.

Количество кадров в день по формуле (3.3) равно:

$$N = \left[\frac{1382400000}{53} \right] + 1 = 26083019.87$$

Для определения нужной пропускной способности магистральной линий воспользуемся теорией математической аппаратурой СМО. Начальными данными для расчетов берем количество кадров Ethernet и стандартную длину информационной части одного кадра.

Чтобы использовать СМО, нужно узнать соотношение между поступлением кадров и их обслуживанием.

Скорость поступления кадров трафика (интенсивность количества передаваемых кадров), определим по формуле 3.4

$$V = \frac{N}{T \cdot 3600}, \quad (3.3)$$

где N – количество кадров передаваемых за один рабочий день;
 T – продолжительность рабочего дня, часы.

По этим данным скорость поступления кадров по формуле (3.3) равно:

$$V = \frac{26083019.87}{6 \cdot 3600} = 1208$$

Для передачи по магистральной линий, добавляется порядковая адресная информация, значит общая длина передаваемого кадра по магистральной линий определяется по формуле 3.4:

$$L_{\text{кадра}} = L_{\text{инф}} + L_{\text{адр}}, \quad (3.4)$$

где $L_{\text{инф}}$ – длина информационной составляющей кадра;

$L_{\text{адр}}$ – длина адресной составляющей кадра;

Для технологий Ethernet, длина информационной составляющей в нашем случае $L_{\text{инф}} = 53$ байт и длина адресной составляющей $L_{\text{адр}} = 25$ байт, итак общая длина кадра определим по формуле (3.4):

$$L_{\text{кадра}} = 53 + 25 = 78 \text{ байт.}$$

Для определения скорости обслуживания возьмем увеличенную длину магистральной линий. Время обслуживания одного кадра определяется по формуле (3.5):

$$L_{\text{кадра}} = 53 + 25 = 78 \text{ байт.}$$

где L кадра – длина передаваемого кадра, байт

$V_{\text{канала}}$ – скорость обмена информацией по магистральному каналу, бит/с.

При расчете времени обслуживания возможны два случая:

Скорость обслуживания кадров будет больше скорости поступления. При этом пропускная способность магистрального канала будет достаточна. Примем первый вариант, тогда время обслуживания кадров определяется по (формуле 3.5):

$$t_{\text{обсл.кад}} = \frac{L_{\text{кад}} \cdot 8}{V_{\text{кан}}}, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{канала}} = 1 \cdot 10^6, 10 \cdot 10^6, 100 \cdot 10^6, V_{\text{канала}} = 1 \cdot 10^6 = 1000000.$$

Результат расчетов в таблице 3.1.

Таблица 3.1–Результаты расчетов времени обслуживания кадров

$t_{\text{обсл.кад 1}}$	0,000624
$t_{\text{обсл.кад 2}}$	0,000312
$t_{\text{обсл.кад 3}}$	0,000208
$t_{\text{обсл.кад 4}}$	0,000156
$t_{\text{обсл.кад 5}}$	0,0001248
$t_{\text{обсл.кад 6}}$	0,000104
$t_{\text{обсл.кад 7}}$	0,00008914
$t_{\text{обсл.кад 8}}$	0,000078
$t_{\text{обсл.кад 9}}$	0,00006933
$t_{\text{обсл.кад 10}}$	0,00000624

Время передачи и обслуживания кадра приравниваются. Время обслуживания является обратной величиной (формула 3.6).

$$V_{\text{обслуж}} = \frac{1}{t_{\text{обсл.кад}}} = \frac{V_{\text{канала}}}{L_{\text{кадра}} \cdot 8} \quad (3.6)$$

Скорость обслуживания кадров будет меньше скорости поступления кадров. В этом случае пропускная способность магистрального канала будет

меньше нужного. В это время магистральный коммутатор будет буферизовать данные: обратно поступающие кадры будут храниться в памяти до передачи предыдущих кадров. Здесь будет создаваться очередь и соответственно увеличиваться задержки передачи [10].

Результат расчетов в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Скорость обслуживания кадров

$V_{\text{обслуж 1}}$	1602,56
$V_{\text{обслуж 2}}$	3205,13
$V_{\text{обслуж 3}}$	4807,69
$V_{\text{обслуж 4}}$	6410,25
$V_{\text{обслуж 5}}$	8012,82
$V_{\text{обслуж 6}}$	9615,38
$V_{\text{обслуж 7}}$	11218,31
$V_{\text{обслуж 8}}$	12820,51
$V_{\text{обслуж 9}}$	14423,77
$V_{\text{обслуж 10}}$	160256,41

3.2 Определение приоритета пользования каналом связи

Для определения приоритета пользования каналом связи воспользуемся формулой:

$$P = \frac{V}{V_{\text{обслуж}}}, \quad (3.7)$$

где V – скорость поступления кадров,

$V_{\text{обслуж}}$ – время обслуживания кадров.

Результат расчетов в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Определение приоритета пользования каналом

P_1	0.753793
P_2	0.037689
P_3	0.025126
P_4	0.018844
P_5	0.015075
P_6	0.012563
P_7	0.010768
P_8	0.0094224
P_9	0,083750

Зная приоритет пользования магистральным каналом, определим возможность отсутствия кадров в магистральном канале по формуле:

$$P_0 = 1 - P, \quad (3.8)$$

где P – приоритет пользования магистральным каналом.

Для определения приоритета пользования магистральным каналом и возможности отсутствия кадров в магистральном канале, возьмем скорость передачи данных от 1– до 100 Мбит/с, пошагово изменяя через каждые 10Мбит/с. Результаты выведены в таблицу 3.4:

Таблица 3.4 – Определение возможности отсутствия кадров в магистральном канале

$P_{0(1)}$	0.246207
$P_{0(2)}$	0.962311
$P_{0(3)}$	0.974874
$P_{0(4)}$	0.981156
$P_{0(5)}$	0.984925
$P_{0(6)}$	0.987437
$P_{0(7)}$	0.989232
$P_{0(8)}$	0.9905776
$P_{0(9)}$	0.91625
$P_{0(10)}$	0.9924621

Расчет скорости обслуживания и другие данные приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Данные скорости обслуживания канала, приоритета пользования каналом P и возможности отсутствия кадров в канале P_0

P	P_0	$V_{\text{обслуж, бит/с}}$
0,753793	0,246207	1602,56
0,037689	0,962311	3205,13
0,025126	0,974874	4807,69
0,018844	0,981156	6410,25
0,015075	0,984925	8012,82
0,012563	0,987437	9615,38
0,010768	0,989232	11218,31
0,0094224	0,9905776	12820,51
0,083750	0,91625	14423,77
0,0075379	0,9924621	160256,41

По данным расчетам построим график соотношения приоритета пользования каналом и возможности отсутствия кадров в канале к пропускной способности канала (рисунок 3.1).

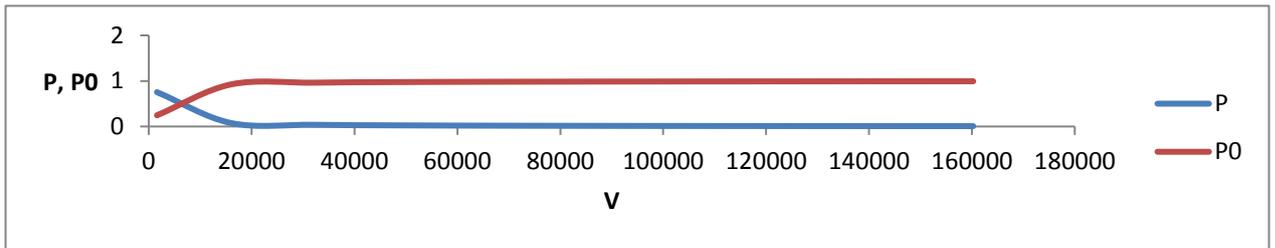


Рисунок 3.1 – График соотношение приоритета пользования каналом и возможности отсутствия кадров в зависимости к пропускной способности канала

Как показано на графике, при уменьшении приоритета пользования каналом увеличивается возможность отсутствия кадров в канале. Оптимальная пропускная способность канала составляет 4Мбит/с. Отметим, что мы использовали расчеты только для голосовых данных, прогнозируя увеличения терминалов и относительно увеличения трафиков, то данная скорость является оптимальной для использования выбранной технологий. Также мы видим, что данные ресурсы можно использовать при увеличений абонентов в 200 раз больше.

3.3 Расчет оптимальной длины пакета

Для определения оптимальной длины пакета достаточно определить оптимальную длину информационной части пакета, т. к. служебная часть речевого пакета является постоянной. Оптимальная длина пакета может быть найдена из решения уравнения:

$$dm(T_{\Sigma})/dL_{и} = 0 \quad (3.9)$$

После выполнения необходимого преобразования оптимальная длина информационной части пакета определяется по формуле:

$$L_{иопт} = L_{сл} [k / (1 - k)] (1 + F), \quad (3.10)$$

где

$$F = \sqrt{1 - \frac{1 - \frac{R_u}{2 \cdot R_k \cdot k} \cdot \left(\frac{1-k}{2}\right)}{1 + \frac{\frac{R_u}{R_k} \cdot \left(0,75 - \frac{k}{2}\right)}{1-k}}},$$

$$k = (mR_{и}/2R_{к}) = (25 \cdot 8)/(2 \cdot 64) = 0,78.$$

Тогда

$$F = \sqrt{1 - \frac{1 - \frac{8}{2 \cdot 64 \cdot 0,78} \cdot \left(\frac{1}{2} - 0,78\right)}{1 + \frac{\frac{8}{64} \cdot \left(0,75 - \frac{0,7}{2}\right)}{1 - 0,78}}} = 0,39,$$

$$L_{uonm} = 0,2 \cdot \frac{0,78}{1 - 0,78} \cdot (1 + 0,39) = 1,01.$$

3.4 Пути повышения качества речевого диалога

Можно выделить ряд основных направлений, при использовании которых можно обеспечить необходимое качество речевого диалога в сетях с КП.

Первое направление связано с выбором дисциплины обслуживания и размещения РП и ПД в очередях к исходящим трактам центров коммутации пакетов.

Второе направление обеспечивает оптимальную задержку речевой информации в буфере. Чем больше задержка, вводимая в сглаживающем буфере, тем более равномерно формируется цифровой поток и тем меньше влияние случайной задержки РП в сети. Вместе с тем, при этом растет полная задержка доставки речи, которая может превысить допустимую величину.

Третье направление — реализация эффективных алгоритмов управления потоками в сети с КП. Поскольку терминалы речи обладают, как правило, более высокой производительностью, чем терминалы данных, то при выборе маршрута, например при использовании виртуальных соединений, необходимо контролировать допустимое число речевых соединений. В дейтаграммном режиме РП должны доставляться по маршрутам с числом переприемов не больше заданного значения. При этом РП, прошедшие маршрут с большим числом переприемов, могут быть отброшены как опоздавшие.

Четвертое направление связано с ограничением речевой нагрузки. Предусматривается как ограничение числа устанавливаемых речевых соединений, так и сброс РП или части информации, переносимой РП в условиях перегрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надо признать, что за такое короткое время IP-телефония достигла значительных успехов. Услуга IP-телефонии не является чувствительной к таким факторам, как изменение количества клиентов, изменение арендной платы за пользование выделенными линиями, а также изменение стоимости оборудования.

Устойчивость и прибыльность этой услуги объясняется тем, что рынок давно испытывал потребность в дешевой международной и междугородной связи. До недавнего времени телефонная связь в нашей стране была монополизирована, и теперь появление более дешевых альтернатив воспринимается потребителями с готовностью.

В дипломной работе было дано общее понятие передачи голоса по сетям IP, т.е. понятие IP-телефонии, ее виды и способы соединения, какие критерии влияют на качество сервиса VoIP. Опираясь на понятия из теории массового обслуживания, рассмотрен трафик VoIP и дан его анализ, который в свою очередь влияет на качество связи и затраты при проектировании сети IP-телефонии.

Перечень принятых сокращений, терминов

DSP	Directory Service Provider	Провайдер информационных сетей
DTMF	Dual Tone Multiple Frequency	Двухчастотная абонентская сигнализация
Eth	Ethernet	Протокол передачи голоса
ITU-T	The International Telecommunications Union	Сектор стандартизации телекоммуникаций международного союза электросвязи
LAN	Local Area Network	Локальная вычислительная сеть, ЛВС
RAS	Remote access server	Сервер дистанционного доступа
RSVP	Resource Reservation Protocol	Протокол резервирования ресурсов в сети Интернет
RTCP	Realtime Transport Control Protocol	Протокол управления передачей в реальном времени
RTP	Realtime Transport Protocol	Протокол передачи в реальном времени
SIP	Session Initiation Protocol	Протокол установления сеанса. Наиболее популярный протокол установления соединения, используемый в IP-телефонии. Обеспечивает все необходимые действия - установление связи, регистрацию устройств, вызов и переадресация, передачу голоса, видео и сообщений.
TCP	Transmission Circuit Protocol	Протокол передачи в канале
VoIP	Voice over IP	Передача голоса по сети с протоколом IP
VoFR	Voice over Frame Relay	Передача голоса по сети с протоколом FR
WAN	Wide Area Network	Глобальная компьютерная сеть
ТфОП	Телефонная сеть общего Пользования.	Аналоговая (традиционная) телефонная сеть. Для доступа в ТфОП сеть используются обычные проводные телефонные аппараты, аналоговые АТС и оборудование передачи данных.
СМО	Система массового обслуживания	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. – М.: Радио и связь, 2011г. – 336С.
- 2 Уиллис Д. Интеграция речи и данных. В начале долгого пути./Сети и системы связи, 2003.-№16.
- 3 Анализ трафика. Материалы 1992-2010 Cisco Systems, Inc.
- 4 Основы технологии VoIP, Cisco Press, 2000
- 5Рекомендация ITU-T E.500. Принципы измерения интенсивности трафика.
- 6 Рекомендация ITU-T E.492. Контрольный период для измерения трафика
- 7 IP-телефония и ТфОП.-Технологии и средства связи, 2007 г №2.
- 8 Богомолов А.И. Некоторые концептуальные аспекты построения корпоративной сети передачи данных//Электросвязь. – 2010г.- №11.- С. 29- 30.
- 9 Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. – М.: Радио и связь, 2011г. – 336С.
- 10 ITU-T Recommendation H.323. Packet based multimedia communication systems. - Genva, 2005.
- 11 ITU-T Recommendation Q.931. ISDN User-Network Interface Layer 3 Specification for Basic Call Control. - 2010.
- 12 Гольдштейн Б.С – Протоколы инициирования сеансов связи – SIP. 2007 г. Глава 7 стр. 194.
- 13 Нейман В.И. Проблема роста скорости передачи в сетях связи// Автоматика, связь, информатика. – 2005, №1. – С. 22-27.
- 14 Технологии передачи данных. 7-е изд./Г. Хелд. – Спб.: Питер, К.: Издательская группа ВHV, 2003. – 720С.: ил. - (Серия «Классика computer Science »).
- 15 Официальный сайт компании Cisco Systems – <http://www.cisco.com/>
- 16 Интернет-телефония./ Компьютер пресс, 2010г №10

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Айтчанова Айдары Каныбековича

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Тема: Анализ трафика в IP -телефонии

В данной дипломной работе рассматриваются вопросы, связанные с трафиком IP-телефонии и его влиянием на ширину полосы пропускания каналов передачи данных и голосовых вызовов в IP сети, и соответственно на качество связи.

Первая глава посвящена общим вопросам, связанным с принципами пакетной передачи речи, показателями качества IP-телефонии.

Во второй главе дается полный анализ трафика для голоса поверх IP, критерии выбора модели трафика, использование анализа трафика для сетей VoIP, пример анализа сквозного трафика.

В третьей главе дается расчет по IP-телефонии

Считаю, что дипломная работа выполнена на 70 «удовлетворительно», а дипломант, Айтчанов А.К., заслуживает присвоения академической степени бакалавра техники и технологии по специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Научный руководитель

маг-р техн. наук, лектор

 Г.М. Байкенова

“ 15 ” 03 2019г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Айтчанова Айдары Каныбековича

5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

На тему: Анализ трафика в IP-телефонии

Выполнено:

- а) графическая часть на _____ листах
- б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В представленной дипломной работе дается анализ трафика передачи голосовой информации и данных по сетям IP. В настоящее время услуга IP-телефонии стала очень популярной не только у бизнес-структур, но ею активно пользуется и абоненты обычных домашних сетей. Конечно, при этом огромное значение имеет качество связи, а это, в свою очередь, зависит от того, насколько провайдеры услуг учитывают влияние трафика IP-телефонии, который проходит не через обычные телефонные сети, а через сеть передачи данных.

В первой главе дан общий обзор об услуге VoIP, виды соединений, параметры качества IP-телефонии.

Вторая глава посвящена непосредственно анализу трафика в IP-телефонии.

В третьей главе даны соответствующие расчеты.

Оценка работы

Считаю, что дипломная работа выполнена на 75 «хорошо», а дипломант, Айтчанов А.К., заслуживает присвоения академической степени бакалавра техники и технологии по специальности 5B071900-Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

Рецензент _____
канд. техн. наук, профессор АУЭС _____
А.С. Байкенов
« _____ 2019г.



Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Айтчанов Айдар Каныбекович

Название: Анализ трафика в IP телефонии

Координатор: Гулжан Байкенова

Коэффициент подобия 1:21,5

Коэффициент подобия 2:2,1

Тревога:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

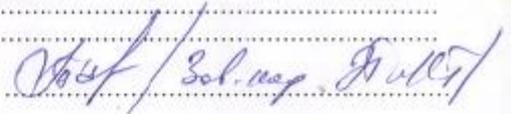
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....

16.05.2019

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

