Некоммерческое акционерное общество

«Алматинский университет энергетики и связи»

Кафедра ТКС

**Пояснительная записка к курсовой работе**

Дисциплина: IP-телефония и видеосвязь

Выполнила Нурбаева А. Группа МРС-07-2

Руководитель Сейсенова Д.О.

Алматы 2011

**Введение**

Именно на методах пакетной передачи и коммутации построено функционирование современных вычислительных сетей. Заложенная в них идея проста: информация любого вида (данные, изображение, речь, звук, служебные и управляющие посылки) представляются в виде цифровой последовательности, которая в дальнейшем делится на "кванты" пакеты, снабжённые всей необходимой информацией для идентификации, маршрутизации, коррекции ошибок и прочее. Подобный подход позволяет в едином информационном русле передавать все виды информации, используя для этого различные пути и средства, применяя универсальные системы коммутации.

Работа устройств в сети Интернет осуществляется с использованием специального протокола IP (Internet Protocol протокол межсетевого взаимодействия). В настоящее время IP протокол используется не только в сети Интернет, но и в других сетях передачи данных с пакетной коммутацией (локальных, корпоративных, региональных). И во всех этих сетях, имеется возможность передавать речевые сообщения с использованием пакетов данных. Такой способ передачи речи получил название IP телефония.

В широком смысле основная задача IP телефонии заключается в обеспечении естественного речевого общения двух или нескольких лиц, являющихся абонентами различных коммуникационных сетей, посредством сети связи с коммутацией пакетов.

IP - телефония позволяет существенно сэкономить требуемую полосу пропускания каналов, что неизбежно ведёт к снижению тарифов, особенно на междугородние и международные телефонные разговоры.

**Исходные данные**

Таблица 1 -Доля абонентов по группам

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа абонентов | Последняя цифра номера зачетной книжки | 4,5 |
| 1 | Доля абонентов 1группы, π1 в% | 60 |
| 2 | Доля абонентов 2группы, π2 в% | 35 |
| 3 | Доля абонентов 3группы, π3 в% | 5 |

Таблица 2 - Характеристики нагрузки, создаваемой клиентами различной группы

|  |  |
| --- | --- |
| Последняя цифра номера зачетной книжки  | 9,5 |
| Вызовов в час fi | 5 |
| Средняя длительность разговора в минут | 3 |
| Объем переданных данных в наибольшей нагрузки V2, Мбайт/с | 15 |
| Объем переданных данных в наибольшей нагрузки V3, Мбайт/с | 75 |
| Время просмотра видео Тв, минут | 55 |
| Мультисервисный узел доступа обслуживает N, абонентов | 2500 |

Таблица 3 - Выбор кодеков

|  |  |
| --- | --- |
| Предпоследняя номера цифра зачетной книжки | 5,7 |
| Кодеки | G.711 uG.723 m |

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| Первая буква фамилии | НРШ |
| число маршрутизаторовN | 30 |
| Последняя цифра номера зачетной книжки | 5 |
| ρ1 | 0,60 |
| ρ2 | 0,70 |
| ρ2 | 0,80 |
| Предпоследняя цифра номера зачетной книжки | 7 |
| μ, с-1 | 900 |
| m | 1,06 |

**Выполнения задания**

Задача 1

Провести расчёт производительности узла доступа с учётом структуры нагрузки поступающей от абонентов, пользующихся различными видами услуг.

Расчет:

Расчет производительности узла доступа проводят с учетом всех абонентов, пользующихся услугами. Три группы клиентов:

* пользователи телефонии, π1
* пользователи телефонии и передачи данных, π2;
* пользователи телефонии, передачи данных и видео, π3

Каждая группа абонентов совершает в среднем fiвызовов в час средней длительностью ti минут. Для второй и третьей группы, необходимо задать объем переданных данных в час наибольшей нагрузки, величина обозначается Vj, Мбайт/с. Третья группа будет характеризоваться еще временем просмотра видео в час наибольшей нагрузки Тв минут, мультисервисный узел доступа обслуживает N абонентов.

Факторы влияющие на качество речи и выбор кодека

Первостепенными факторами, определяющими качество голоса являются выбор аудиокодека, время задержки, джиттер и потери пакетов.

Аудиокодеки - важнейший элемент терминалов Н.323. Они позволяют уменьшить необходимую ширину голосового канала при сохранении требуемого качества речи. Различных схем сжатия достаточно много, но большинство устройств Н.323 используют кодеки, стандартизированные ITU. пользовательские приложения (например, NetMeeting) могут поддерживать необходимые кодеки, выбирая тот или иной посредством протокола Н.245.

Скорость оцифровки - определенная битовая скорость, до которой кодек сжимает голосовой канал 64 Кбит/с. Для большинство кодеков она составляют 6,4 и даже 5,3 Кбит/с. Однако следует иметь в виду, что это только скорость сжатия речи. При передаче пакетированного голоса по сети расчет потерь протоколов (например, RTP/UDP/IP/Ethernet) скорость, вплоть до скорости передачи данных.

Задержка имеет фиксированную и переменную составляющие. Фиксированная задержка определяется расстоянием, тогда как переменная зависит от меняющихся сетевых условий. Общая задержка складывается из различных компонентов. Рассмотрим наиболее значимые из них:

* Сетевая задержка вносится узловыми элементами сети VoIP. Для ее минимизации необходимо сократить число узлов сети на пути пакетов между абонентами. Некоторые провайдеры способны обеспечить задержки на своих сетях, не превышающие определенный уровень. Кроме того, для уменьшения сетевой задержки речевому трафику задают высший приоритет по отношению к нечувствительному к задержкам потоку данных.
* Задержка кодека вносится каждым алгоритмом сжатия. Например, G.723 добавляет фиксированную задержку в 30 мс. У других кодеков встроенная задержка может быть меньше, но при этом возможно снижение качества речи или увеличение требуемой полосы пропускания.
* Буфер компенсации джиттера также вносит свою задержку. Джиттером называют отклонения от средней задержки следования пакетов. Задержка может быть различной для каждого пакета, в результате чего, отправленные через равный интервал, они прибывают неравномерно, а то и не в исходной последовательности. Так как алгоритм декомпрессии требует фиксированного интервала между поступлением пакетов, в шлюзе необходим буфер компенсации джиттера. Он задерживает поступающие пакеты, чтобы передавать их устройству декомпрессии с заданным интервалом. Кроме того, он также фиксирует любые ошибки, контролируя номер последовательности в полях сообщений протокола RTP. Однако буфер компенсации зачастую вносит весьма значимую задержку. Его размер задают таким, чтобы буферизовать целое количество пакетов с учетом ожидаемого значения джиттера. Как правило, для каждого направления задержка буфера-составляет 80 мс.

Выбор размера пакета также влияет на качество речи. Пакеты большого размера значительно уменьшают необходимую ширину полосы пропускания, но добавляют задержку пакетирования, так как передатчик тратит больше времени, чтобы заполнить пакет. "Накладные расходы" при пакетной передаче VoIP достаточно высоки. Рассмотрим сценарий, где голос сжимается до 8 Кбит/с, а пакеты посылаются каждые 20 мс. Таким образом, размер речевой информации в каждом пакете - 20 байт. Однако чтобы передать эти пакеты по RTP, к ним нужно добавить: заголовок Ethernet - 14 байт, заголовок IP - 20 байт, заголовок UDP - 8 байт и дополнительные 12 байт для RTP. В общей сложности 54 лишних байта, чтобы передать 20 байт голоса.

Основными механизмами обеспечения QoS (Quality of Service) являются: пакетная передача данных. NGN как сеть с коммутацией пакетов отвечает модели системы с ожиданием (ТфОП соответствует модели системы с потерей вызовов). Заявка, поступившая в момент занятости всех каналов, не покинет систему, а будет поставлена в очередь. Пакетизированный голос расходует полосу пропускания гораздо экономнее - при молчании абонентов информация не передается. Наличие «временного запаса». Временной запас (Тз) - это разница между критическим временем доставки информации к абоненту и реальным временем прохождения пакетов через сеть.

Временной запас Тз, который в традиционных сетях связи пренебрегается, в NGN оперативно предоставляется другим приложениям, что в целом благотворно сказывается на параметрах QoS /13/.

Расчёт числа пакетов от первой группы (телефония)

Рассчитаем число пакетов создаваемых пользователями телефонии, использующие выбранные ранее кодеки. Параметры кодеков представлены в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1- Параметры кодеков

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кодек | Скор. перед.RGJ, кбит/с | Длит. датаграммы, мс | Задержка пакет, мс | ПП длядвунаправленного соединения, кГц | Задержкавджиттер-буфере | Теорет.макс.оценкаMOS |
| G.711u | 64 | 20 | 1 | 174,4 | 2 датагр, 40 мс | 4,4 |
| G.711a | 64 | 20 | 1 | 174,4 | 2 датагр, 40 мс | 4,4 |
| G.726-32 | 32 | 20 | 1 | 110.4 | 2 датагр, 40 мс | 4,22 |
| G.729 | 8 | 20 | 25 | 62,4 | 2 датагр, 40 мс | 4,07 |
| G.723m | 6,3 | 30 | 67,5 | 43,73 | 2 датагр, 60 мс | 3,87 |
| G.723a | 5,3 | 30 | 67,5 | 41,6 | 2 датагр, 60 мс | 3,69 |

Рассчитаем параметры сети для двух кодеков соответственно варианту. При этом в секунду передаётся

, (кадров в секунду) (1.1.1)

Для G.711u кадр/с (т.е. без сжатия)

G.723m кадр/с (т.е. со сжатием)

Размер пакетизированных данных

hj = Vj ·TPDU (1.1.2)

где Vj, - скорость кодирования, байт/с;

Т PDU -длительность одной речевой выборки (длительность пакета).

Рассчитать Vj - скорость кодирования, байт/с; hj - размер пакетизированных данных для двух выбранных согласно варианту кодеков (индекс j соответствует 1-первый кодек без сжатия, 2- второй кодек со сжатием).

При использовании кодека скорость кодирования

Vj = RGJ/8 , (байт/с) (1.1.3)

Для G.711u

байт/с (т.е. без сжатия)

G.723m байт/с (т.е. со сжатием)

Следовательно,

h1 = 8000 ·20·10-3=160 байт (т.е. без сжатия)

h2 = 787,5 ·30·10-3=23,625 байт (т.е. со сжатием)

Для определения размера пакета необходимо учесть заголовки:

* IP - 20 байт;
* UDP - 8 байт;
* RTP - 12 байт.

Суммарный размер пакета для кодека без сжатия

hΣG = hj+ Ip + UDP+ RTP, байт (1.1.4)

hΣG1 = 160 + 20 + 8+ 12=200 байт (т.е. без сжатия)

hΣG2 = 23,625 + 20 + 8+ 12=63,625 байт (т.е. со сжатия)

Для определения числа пакетов, генерируемых первой группой абонентов, необходимо учесть их долю в общей структуре пользователей, количество вызовов в час наибольшей нагрузки, среднюю длительность разговора.

N1j = nlj∙tj∙f1∙π1∙N (1.1.5)

где N1j, - число пакетов, генерируемое первой группой пользователей в час наибольшей нагрузки;

n1j- число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом;

t1 - средняя длительность разговора в секундах для первой группы абонентов;

f1 - число вызовов в час наибольшей нагрузки для первой группы абонентов;

π1 - доля пользователей группы 1 в общей структуре абонентов;

N - общее число пользователей.

N11 = 50∙180∙5∙0,6∙2500=67,5·106 (т.е. без сжатия)

N12 = 33,3∙180∙5∙0,6∙2500=44,955·106 (т.е. со сжатием)

Расчёт числа пакетов от второй группы (телефония и интернет) Рассуждения, приведённые для первой группы абонентов, в полной мере можно применить и ко второй группе для расчёта числа пакетов, возникающих в результате пользования голосовыми сервисами. Разница будет лишь в индексах.

N2\_Tj = n2j∙t2∙f2∙π2∙N(1.1.6)

где N2\_Tj - число пакетов, генерируемое второй группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании голосовых сервисов;

n2j - число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом;

t2 - средняя длительность разговора в секундах для второй группы абонентов;

f2 - число вызовов в час наибольшей нагрузки для второй группы абонентов;

π2 - доля пользователей группы 2 в общей структуре абонентов;

N - общее число пользователей.

N2\_T1 = 50∙180∙5∙0,35∙2500=39,375·106 (т.е. без сжатия)

N2\_T2 = 33,3∙180∙5∙0,35∙2500=26,22·106 (т.е. со сжатием)

Для расчета числа пакетов, генерируемых второй группой пользователей при использовании сервисов передачи данных, необходимо задаться размером пакетов. При построении сети NGN, как правило, на одном или нескольких участках сети на уровне звена данных используется та или иная разновидность технологии Ethernet, поэтому использовать пакеты, превышающие максимальную длину поля данных Ethernet, не имеет смысла. Использование пакетов большого размера затрудняет обеспечение качества обслуживания и на магистральной сети, и в сети доступа.

Для расчёта числа пакетов в час наибольшей нагрузки необходимо задаться объёмом переданных данных. Предположим, что абоненты второй группы относятся к интернет-серверам, т.е. в основном просматривают вебстраницы. Средний объём данных, переданных за час при таком способе подключения, составит около V2.

Число пакетов, переданных в ЧНН, будет равно:

N2\_j = π2 N V2j/h2j (1.1.7)

где N2\_j - количество пакетов, генерируемых в час наибольшей нагрузки абонентами второй группы при использовании сервисов передачи данных;

π2 - доля пользователей группы 2 в общей структуре абонентов;

h2j- размер поля данных пакета;

N - общее число пользователей.

N2\_1 = 0,35∙2500∙15∙1024∙1024/160=86∙106 (т.е. без сжатия)

N2\_2 = 0,35∙2500∙15∙1024∙1024/23,625=582,542222∙106 (т.е. со сжатием)

Суммарное число пакетов, генерируемых второй группой пользователей в ceть в час наибольшей нагрузке, будет равно

N2J=N2\_Tj + N2\_j (1.1.8)

N21=39,375·106+ 86·106 =125,375·106 (т.е. без сжатия)

N22=26,22·106 + 582, 542222∙106=608,762222·106 (т.е. со сжатием)

Расчёт числа пакетов от третьей группы абонентов (triple play) Все рассуждения, проведённые относительно первых двух групп, остаются в силе и для третьей группы, применительно к сервисам передачи голоса, а именно:

N3\_Tj =n3j t3\_T f3 π3∙N (1.1.9)

где N3\_T - число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании голосовых сервисов;

n1j - число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом;

t3 - средняя длительность разговора в секундах;

f3 - число вызовов в час наибольшей нагрузки;

π3 - доля пользователей группы 3 в общей структуре абонентов;

N - общее число пользователей.

N3\_T1 =50∙180∙5∙0,05∙2500=5,525∙106 (т.е. без сжатия)

N3\_T2 =33,3∙180∙5∙0,05∙2500=3,746250∙106 (т.е. со сжатием)

Предположим, что абоненты третьей группы относятся к «активным» пользователям интернета, т.е., используют не только http, но и ftp, а также прибегают к услугам пиринговых сетей. Объём переданных и принятых данных при таком использовании интернета составляет до V3. Число пакетов, переданных в ЧНН, будет равно

N3\_j *=* π3∙N∙V3/hj (1.1.10)

N3\_j *=* 0,05∙2500∙75∙1024∙1024/160=61,44∙106 (т.е. без сжатия)

N3\_j *=* 0,05∙2500∙75∙1024∙1024/23,625=416,101587∙106 (т.е. со сжатием)

Одной из наиболее перспективных и динамически развивающихся услуг является IPTV - передача каналов телевещания с помощью протокола IP. При организации данного сервиса для каждого пользователя в транзитной сети доступа не требуется выделения индивидуальной полосы пропускания. До мультисервисного узла доходит определённое количество каналов, которые распределяются между заказчиками услуги, причём существует возможность организации широковещательной рассылки.

Например, при скорости передачи v и размере полезной нагрузки пакета h, число пакетов, возникающих при трансляции одного канала, равно:

n3j = v/hj (1.1.11)

n31 = 2048000 /160∙8=1600 (т.е. без сжатия)

n32 =2048000 /23,625∙8= 10836 (т.е. со сжатием)

Количество пакетов, передаваемых по каналами в ЧНН, составит

N3i\_Bj= π3∙N∙n3i∙t3B\_ (1.1.12)

где N3i\_b - число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании видео-сервисов сервисов;

n3i - число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании просмотре видео, сжатого по стандарту MPEG2;

t3B - среднее время просмотра каналов в ЧНН, сек;

π3- доля пользователей группы 3 в общей структуре абонентов;

N - общее число пользователей.

N31\_B1=0,05∙2500∙1600∙3300=660∙106 (т.е. без сжатия)

N32\_B2=0,05∙2500∙10836∙3300=4469,85∙106 (т.е. со сжатием)

Суммарное число пакетов, генерируемых третьей группой пользователей и сеть в час наибольшей нагрузке, будет равно

N3j = N3 J\_T+N3j+N3j\_b (1.1.13)

N31=5,525∙106+61,44∙106 +660∙106 =726,965∙106 (т.е. без сжатия)

N32=3,74625∙106+416,101587∙106 +4469,85∙106 = 4889,698∙106 (т.е. со сжатием)

Требования к производительности мультисервисного узла доступа Мультисервисный узел доступа должен обслуживать трафик от всех трёх групп пользователей. Кроме того, именно узел доступа должен обеспечить поддержку качества обслуживания путем приоритезации трафика, которая должна осуществляться независимо от используемой технологии транспортной сети доступа.

Суммарное число пакетов, которое должен обработать мультисервисный узел доступа, будет равно:

NΣG1= N1j+ N2j+ N3j= n1j t∙f π1∙N+(n1j t2 f2 π2∙N+ π2∙N V2/hj)+

+( n3j t3 f3 π3∙N+ π3∙N V3/hj+ π3∙N n3j t3\_B) (1.1.14)

NΣG1= N11+ N21+ N31= 67,5·106+125,375·106 +726,965·106 =919,84·106 (т.е. без сжатия)

NΣG2= N12+ N22+ N32= 44,955·106+608,762222·106+4889,698∙106 =5543,415222·106 (т.е. со сжатием)

Учитывая, что:

t1=t2 = t3 = t - средняя длительность разговора в секундах;

f3 = f2= f1= f - число вызовов в ЧНН;

получим

NΣG1= N∙(n1j∙t∙ f (π1+ π2+ π3)∙N V2/hj)+N/hj (π2∙V2 +π3∙V3+ π3∙N∙ n3j∙ t3\_B)(1.1.15)

NΣG1=2500∙(50∙180∙5∙1∙2500∙15∙1024∙1024/160)+2500/160∙(15∙1024∙1024∙0,35+75∙1024∙1024∙0,05+0,05∙2500∙1600∙3300)=2,765∙1016 (т.е. без сжатия)

NΣG2=2500∙(33,3∙180∙5∙1∙2500∙15∙1024∙1024/23,625)+2500/23,625(15∙1024∙1024∙0,35+75∙1024∙1024∙0,05+0,05∙2500∙10836∙3300)=12,47∙1016 (т.е. со сжатием)

Учитывая, что π1+ π2+ π3=1, получим

NΣj=N∙(n1j∙t∙ f + (π2∙V2 +π3∙V3)/hj) + π3N∙ n3j ∙t3\_B (1.1.16)

NΣ1=2500∙(50∙180∙5+(0,35∙15∙1024∙1024+0,75∙75∙1024∙1024)/160)+0,05∙2500∙1600∙3300=1,78∙109 пакетов в час (т.е. без сжатия)

NΣ2=2500∙(33,3∙180∙5+(0,35∙15∙1024∙1024+0,75∙75∙1024∙1024)/23,625)+0,05∙2500∙10836∙3300=11,37∙109 пакетов в час (т.е. со сжатием)

Среднее число пакетов в секунду рассчитывается для двух выбранных кодеков и равно

NΣ\_секj= NΣj/3600, (1.1.17)

NΣ\_сек1= NΣ1/3600=4,94∙105 пакетов в секунду

NΣ\_сек2= NΣ2/3600=31,583∙105 пакетов в секунду

Данные показатели позволяют оценить требования к производительности и маршрутизатора, агрегирующего трафик мультисервисной сети доступа NGN.

Анализируется как и какие группы сети больше всего загружают систему для рассчитываемых длин пакетов. Для этого формируется таблица 1.1.2 и строится диаграмма рисунок 1.1.2.

Таблица 1.1.2 - Количество передаваемых пакетов в сек для трех групп пользователей

|  |  |
| --- | --- |
|  | количество передаваемых пакетов в сек |
|  | G.711 u | G.723 m |
| 1 группа (π1),%  | 67,5·106 | 44,955·106 |
| 2 группа (π2) ,% | 125,375·106 | 608,762222·106 |
| 3 группа (π3) ,% | 726,965∙106 | 4889,698∙106  |

Рисунок 1.1.2 - Пример доли передаваемых пакетов тремя группами

Пример вывода о загрузке системы пользователями трех групп.

Из графика видно, что наибольший передаваемый трафик идет на первую группу при кодеке G.711u и G.723 m, которая составляет всего лишь 5% от общего числа пользователей. Пользователи обычной телефонии, при ее преобладающем количестве, загружают систему больше всех.

*Задача 2*

Требования к полосе пропускания определяются гарантиями качества обслуживания, предоставляемыми оператором пользователю. Параметры QoS описаны в рекомендации ITU Y. 1541.

Число генерирующих пакетов, возникающих в ЧНН, будет равно

 (1.2.1)

где Ntel - число пакетов телефонии, генерируемое всеми пользователями в час наибольшей нагрузки;

Nint - число пакетов интернета, генерируемое второй группой пользователей в час наибольшей нагрузки

π2H - доля пользователей группы 2 в общей структуре абонентов

nj - число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кодека;

t- средняя длительность разговора в секундах;

f - число вызовов в час наибольшей нагрузки;

N - общее число пользователей.

 для G.711 u

 для G.723 m

Число пакетов в секунду:

 (1.2.2)

 для G.711 u

 для G.723 m

Среднее время обслуживания одного пакета при норме задержки: (1.2.3)

Коэффициент использования:

*ρj=λ j∙τj* (1.2.4)

ρ1=336∙103∙2,97∙10-6=0,99792

ρ2=370∙103∙2,7∙10-6=0,999

При использовании системы на 50%:

Интенсивность обслуживания связана со средним временем задержки пакета в сети доступа обратно пропорционально:

 (1.2.5)

Требуемая пропускная способность:

φj = βj∙hj (1.2.6)

φ1 = бит/с

φ2 = бит/с

Зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа.

телефония тунеллирование абонент кодек

 (1.2.7)

Построим данные зависимости при помощи прикладной программы MathCad.

Рисунок 1.2.1- Зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа для кодека G.711u

Рисунок 1.2.2- Зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа для кодека G.723m

Сравним полученные результаты.

Рисунок 1.2.3 - Пример отображения результатов расчета, требуемой полосы пропускания

Из графика видно, что для передачи информации одного объема, необходима различная полоса пропускания, в данном случае при использовании кодека G.711u с длиной пакета 160 байт необходима большая полоса пропускания, чем при использовании кодека G.723 m с длиной пакета 23,625 байт.

*Задача 3*

Провести расчет математической модели эффекта туннелирования в MPLS, применив MATHCAD или другую программу.

На основе результатов расчета сравнить различные варианты и сделать выводы о возможности организации туннеля между первым узлом и узлом N.

В контексте поставленной задачи поиска стратегии принятия решения об организации LSP-туннеля для оценки альтернативного варианта суммарного времени V2(N) пребывания пакета в LSP-пути без туннеля допустимо использовать В-формулу Эрланга в качестве адекватной оценки, позволяющей произвести сравнение с V1(N).

Само по себе решение об организации LSP-туннеля согласно предложенному здесь алгоритму сводится к анализу двух (с туннелем и без туннеля) значений среднего совокупного времени пребывания пакета в узлах от 1 до yзла N.

Здесь:

*λ* - интенсивность входного потока заявок;

1/μ - среднее время обслуживания в системе М/М/m в стационарных условиях;

ρ=λ/μ нагрузка, обслуживаемая узлом LSP- маршрута;

m - поправочный коэффициент.

LER - Label edge router (краевой маршрутизатор меток) -маршрутизатор, инициирующий LSP в сети MPLS

LSP - Label switched path (коммутируемый посредством меток маршрут) - обеспечиваемый между двумя маршрутизаторами поток пакетов MPLS (маршрут). В общих чертах LSP аналогичны каналам в технологии ATM и Frame Relay.

LSR - Label switched router ( маршрутизатор с коммутацией меток) - один из маршрутизаторов MPLS ,устанавливаемый между LER, обеспечивающий создание LSP.

Расчет:

Алгоритм туннелирования в сети MPLS

Основное отличие технологии MPLS - IP- маршрутизаторы анализируют заголовок каждого пакета, чтобы выбрать направление для его пересылки к следующему маршрутизатору, в технологии MPLS заголовок анализируется только один раз на входе в сеть, после чего устанавливается соответствие между пакетом и потоком.

Принцип коммутации MPLS основывается на обмене меток. Любой передаваемый пакет ассоциируется с тем или иным классом сетевого уровня FEC (Forwarding Equivalence Class), каждый из которых идентифицируется определенной меткой. Значение метки уникально лишь для участка пути между соседними узлами сети MPLS, которые называются также маршрутизаторами, коммутирующими по меткам LSR (Label Switching Router). На рисунке 1.3.1 пограничный маршрутизатор LSR1 - входной, a LSR4 -выходной маршрутизатор. Последовательность маршрутизаторов (LSR1,..., LSR4), через которые проходят пакеты, принадлежащие одному FEC, образует виртуальный тракт LSP, коммутируемый по меткам, LSP (Label Switching Path).

Таким образом, главная особенность MPLS - отделение процесса коммутации пакета от анализа IP - адресов в его заголовке, что открывает ряд возможностей.

Рисунок 1.3.1- Организация туннеля

Существует еще одно весьма важное достоинство MPLS - возможность в рамках архитектуры MPLS вместе с пакетом передавать не одну метку, а стек меток.

Операции добавления/изъятия метки определены как операции на стеке (push/pop). Результат коммутации задает лишь верхняя метка стека, нижние же передаются прозрачно до операции изъятия верхней. Такой подход позволяет создавать иерархию потоков в сети MPLS и организовывать туннельные передачи.

Речь идет о возможности управления в MPLS всем трактом передачи пакета без специфицирования в явном виде промежуточных маршрутизаторов. Эго достигается путем создания туннелей через промежуточные маршрутизаторы, которые могут охватывать несколько сетевых сегментов, как это изображено на рисунке 1.3.1.

Математическая модель эффекта туннелирования в MPLS представляет собой сеть массового обслуживания с последовательными очередями.

Оцениваемыми параметрами являются: среднее время обслуживания без прерывания (период занятости) и среднее время пребывания пакета в n-м узле. Обслуживаемые за период занятости (т.е. непрерывно, без освобождения) пакеты объединяются в группу на выходе узла и называются пачкой. Средняя длина такой пачки выражается числом пакетов. На вход граничного узла 1 поступает пуассоновский поток сообщений с интенсивностью входного потока заявок 1/μи средним временем обслуживания в системе М/М/m в стационарных условиях (при ρ=λ/μm<1) является также пуассоновским с той же интенсивностью *λ*. Но при последовательно соединенных очередях мы не можем рассматривать каждый узел независимо от других.

Если мы рассматриваем два следующих один за другим сообщения на узле n (n≥2), интервал времени между поступлением этих двух сообщений зависит от времен поступления и обслуживания на предыдущих узлах.

Рисунок 1.3.2 - Сцепление пачек k-1 и k в узле n

Специфическое поведение первого узла (n=1) очевидно и связано с тем, что сообщения поступают напрямую, не проходя через какой-либо узел. Специфика режима работы второго узла (n=2) может рассматриваться как реальный источник пачек сообщений. Сложность поведения пакетов в нем обусловлена двумя явлениями:

а) сцеплением пачек, исходящих от первого узла;

б) фрагментацией этих же пачек.

Первое явление сцепления относится не только ко второму, но и к любому не первому узлу n (n≠1) и связано с тем, первый пакет k - ой пачки догоняет на этом узле последний пакет (k - 1) - ой пачки, и обе пачки — k - я и (k - 1)-я - соответствующим образом сцепляются, как это показано на рисунке 4 Второе явление фрагментации, которое иллюстрирует рисунок 5, не столь очевидно и имеет место только во втором узле, но тоже вполне наглядно. Пусть в первом узле обслуживается пакет номер j из пачки к и в этот момент на тот же первый узел поступает следующий пакет номер j + 1, время обслуживания которого превышает время обслуживания пакета j. Пусть на следующем втором узле в этот момент нет очереди, и пакет j обслуживается, как только он поступает на узел 2, пакеты j + 1 и j начинают обслуживаться одновременно на узлах 1 и 2, соответственно. Когда пакет j затем покидает узел 2, пакет j+1 всё ещё продолжает обрабатываться на узле 1, поскольку время его обслуживания дольше.

Рисунок 1.3.3 - Фрагментация пачки k в узле n

Математический анализ этих двух явлений эффекта туннелирования MPLS позволяет вывести следующую формулу для времени пребывания пакета в туннеле из N узлов:

 (1.3.1)

где *γ-* постоянная Эйлера *(γ≈0.577*), N > 2.

Формула (1.3.1) позволяет рассчитать целесообразность организации туннеля в LSP для индивидуальных пар «исходящий узел - узел назначения» при заданных загрузке сети р и нормативах качества обслуживания. С ее помощью дается можно показать, что отдельные туннелированные LSP в наиболее реалистических случаях, вероятно, должны являться предпочтительным режимом работы.

Рассмотрим маршрут в MPLS - сети, который состоит из N узлов и физических каналов передачи данных между ними. Маршрут соответствует трем объектам: LSRH (LSR источника), LSRн (LSR назначения) и классом обслуживания трафика, передачи.

Пусть λ-прежнему означает число запросов, а 1/μ означает усредненное время определяемым допустимым временем интенсивности пуассоновского потока обслуживания сообщений в узле. Соответственно, *ρ=λ/μ* означает нагрузку, обслуживаемую узлом LSP- маршрута. Обслуживание же этой нагрузки узлами, входящими в данный LSP- маршрут, и является основной работой данного фрагмента сети MPLS.

В контексте поставленной задачи поиска стратегии принятия решения об организации LSP- туннеля для оценки альтернативного варианта суммарного времени V2(N) пребывания пакета в LSP- пути без туннеля допустимо использовать В-формулу Эрланга в качестве адекватной оценки, позволяющей произвести сравнение с V1 (N).

На рисунке 1.3.4 представлены оба варианта передачи сообщений при наличии или при отсутствии LSP- туннеля. В первом случае суммарное время пребывания пакета в сети равно V1 (N), а во втором случае время пребывания того же пакета в сети равно V2(N). Для аналитического исследования ситуации отсутствия LSP- туннеля узел п, передающий пакеты по LSP, целесообразно описать с помощью модели М/М/1/К со скоростью передачи

μ2=μ/(1+μ)

пакетов в секунду и максимальным числом к пакетов, и которое он может хранить в своей буферной памяти. Пакеты в этой модели являются теми же самыми, что в случае организации туннеля, а ограничение на размер буфера выбрано так, чтобы условия в вариантах наличия или отсутствия туннеля были бы абсолютно одинаковы.

Инженерные различия между MPLS и традиционным туннелированием состоит в модели топологии MPLS. Традиционные туннели всегда проходят от одной границы до другой насквозь через сеть. В случае MPLS туннели могут создаваться внутри сети для управления трафиком только в части сети .т.е в LSP из М маршрутизаторов от входящего LSRi до исходящего LSRm можно создать LSP-туннель, например, от входящего LSRs до исходящего LSRn, при N<M. Т.е. даже создаваемые на короткое время LSP - туннели в MPLS могут начинаться внутри сети, а не из пользовательского приложения" па границе сети. Это особенно важно для практического применения представленной модели: пользователи будут продолжать применять обычные IP- пакеты и адресацию в своих приложениях и даже в локальных сетях. Эффект от организации туннеля, равен разности V1 и V2. При этих предположениях предлагается следующий алгоритм:

Шаг 1. Полагается N = М.

Шаг 2. Для п = 1,2 N определяются величины размера пачки в Кn по формуле

 (1.3.2)

Шаг 3. Определяется время V2(N) пребывания пакета в LSP - пути сети MPLS из N узлов (маршрутизаторов) без организации LSP - туннеля при наличии ограниченной очереди к узлу n длиной Кn по формуле

 (1.3.3)

Шаг 4. Определяется время Vt(N) пребывания пакета в LSP - туннеле из N узлов по формуле (1.3.1)



Рисунок 1.3.5 - График зависимости V1(N) и V2(N) от N при =0,6



Рисунок 1.3.6 - График зависимости V1(N) и V2(N) от N при =0,7



Рисунок 1.3.7 - График зависимости V1(N) и V2(N) от N при =0,8

Из рисунков видно, что при р = 0,6 эффективна организация туннеля при N≤5; р = 0,7; р = 0,8 организация туннеля не требуется.

**Заключение**

Данная курсовая работа предусматривала решение трех заданий, со сравнением двух кодеков G.711 u и G.723 m. В ходе решения курсовой работы были разработаны и рассчитаны производительность узла доступа с учётом структуры нагрузки поступающей от абонентов, пользующихся различными видами услуг. Из условия было известно, 3 группы: 1-ая - 60%, 2-ая - 35%,3-ая – 5%. Из которой «активные» пользователи интернета, прибегающие к услугам пиринговых сетей (5%) загружают систему больше всех, что было изображено графически.

Во второй задаче необходимо было посчитать требуемую полосу пропускания. Результат расчета был изображен графически, построенная модель высчитывает параметры сети, а именно время и интенсивность обслуживания одного IP-пакета определенной длины, от времени задержки в сети доступа. Откуда видно, что для передачи информации одного объема, необходима различная полоса пропускания, в данном случае при использовании кодека G.711u с длиной пакета 160 байт необходима большая полоса пропускания, чем при использовании кодека G.723 m с длиной пакета 23,625 байт.

В третьей задаче провели расчет математической модели эффекта туннелирования в MPLS, применив MATHCAD. На основе результатов расчета сравнить различные варианты и сделать вывод о том, что при р = 0,6 эффективна организация туннеля при N≤5; р = 0,7; р = 0,8 организация туннеля не требуется.

**Список литературы**

1. Г.С. Казисва. IP-телефония и видеосвязь:Методические указания к выполнению курсовой работы, для студентов всех форм обучения для специальности 513071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации. Алматы: АУЭС, 2010. с.
2. Будников В.Ю., Пономарев Б.А. Технологии обеспечения качества обслуживания в мультисервисных сетях / Вестник связи.- 2000.- №9.
3. Варакин Л. Телекоммуникационный феномен России / Вестник связи International.- 1999.- №4.
4. Варламова Е. IP-телефония в России / Connect! Мир связи.- 1999.- №9.
5. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи.-т. 1.- М.: Радио

и связь, 1998.

1. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети.- М.: Радио и связь, 2000.
2. Кузнецов А.Е., Пинчук А. В., Суховицкий А.Л. Построение сетей IP-телефонии / Компьютерная телефония.- 2000.- №6.