



Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра «Телекоммуникационные системы»
Специальность 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
Байкенов А.С.
« » январь 2015 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка

на тему: «Анализ внедрения услуги IPTV в сетях NGN»

Выполнил	<u>магистрант гр. ИТСП-13-1</u>	 (подпись)	Куанышбеков Е.Е. (Ф.И.О.)
Руководитель	<u>к.т.н., профессор</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	Казиева Г.С. (Ф.И.О.)
Технический консультант	<u>ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	Сихимбаев А.С. (Ф.И.О.)
Рецензент	_____ (ученая степень, звание)	_____ (подпись)	_____ (Ф.И.О.)
Нормаконтроль	<u>ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	Елизарова Е.Ю. (Ф.И.О.)
Вычислительная техника	<u>к.т.н., ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	Ефремова Ю.И. (Ф.И.О.)

Алматы, 2015

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

Факультет Радиотехники и телекоммуникаций
Кафедра Телекоммуникационные системы
Специальность 6М071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистрантке Куанышбекову Ержану Ермаковичу
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации «Анализ внедрения услуги IPTV в сетях NGN»

утверждена Ученым советом института №_от « » 2014 г.

Срок сдачи законченной диссертации « » 2015 г.

Цель исследования: Провести анализ информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

1 Анализ информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями;

2 Исследование по проверке параметров для внедрения услуг IPTV;

3 Расчет трафика для услуг IPTV.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Рисунок 1.1 – Эволюция современных услуг связи;

2 Рисунок 1.5 - Принципы алгоритма кэширования на каждом прокси;

3 Рисунок 2.2 - Схема построения сети передачи данных в АО «Казахтелеком»;

4 Рисунок 2.12 – Зависимость количества обслуженных запросов от размера кэш (Гб);

5 Рисунок 2.13 - Изменение нагрузки канала связи (Мбит/сек) между узлом агрегации и центральным узлом связи

Рекомендуемая основная литература

1 Гольдштейн А.Б., Гольдштейн В.С. Технология и протоколы MPLS / Гольдштейн А.Б., Гольдштейн В.С. - Спб.:БХВ-Петербург. 2005. - 304с.

2 Bester J., Guna J., Kos A., Volk M. Quality-assured provisioning of IPTV services within the NGN environment / Bester J., Guna J., Kos A., Volk M. // IEEE Communications Magazine. - 2008. - no. 5. - p. 18-23

3 Du X., Xiao Y., Zhang J., Hu F., Guizani Z. Internet Protocol Television (IPTV): the killer application for the next-generation Internet / Du X., Xiao Y., Zhang J., Hu F., Guizani Z. // IEEE Communications Magazine. - 2007. -no. 11. - p. 126-134.

4 Vallipan S. Xdsl networks: development and troubleshooting / Vallipan S. - Indianapolis, IN: Cisco Press. 2001. -496p.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Анализ информации по эволюционному процессу развития телевидения и конвергенции с IP сетями	05.09.2013 - 10.12.2013	
2 Рассмотрен алгоритм работы промежуточного буфера при реализаций услуги «Видео по запросу»	05.09.2013 - 10.12.2013	
3 Исследование параметров для внедрения услуг IPTV	10.01.2014 - 15.05.2014	
4 Рассмотреть сравнение двух стратегий кэширования, таких как префиксное кэширование и интервальное кэширование	10.01.2014 - 15.05.2014	
5 Расчет параметров системы	05.09.2014-01.12.2014	
6 Анализ полученных экспериментальных и расчетных данных	05.09.2014 - 01.12.2014	

Дата выдачи задания _____

Заведующий кафедрой _____ (Байкенов А.С.)
(подпись) (Ф.И.О)

Руководитель диссертации казя _____ (Казиева Г.С.)
(подпись) (Ф.И.О)

Задание принял к исполнению магистрант Куанышбеков _____ (Куанышбеков Е.Е.)
(подпись) (Ф.И.О)

Содержание

Введение	6
1 Анализ информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями	7
1.1 Литературный обзор информации по эволюционному процессу развития телевидения и конвергенции с IP сетями	7
1.2 Процесс развития систем коллективного доступа к телевидению	18
1.2.1 Коллективный доступ к телевидению — системы MMDS	19
1.2.2 Сети кабельного телевидения типа «волокно в дом»	19
1.2 Алгоритм работы промежуточного буфера при реализации услуги «Видео по запросу»	20
1.3.1 Основные принципы	20
1.3.2 Анализ методов кэширования для оптимизации услуги «Видео по запросу»	33
2 Экспериментальная часть.	33
2.1 Модель организации услуги «Телевидение, сдвинутое во времени»	33
2.2 Статистические оценки моделирования IPTV	34
2.3 Сравнительный анализ данных моделирования и аналитических результатов	47
3 Расчетная часть	51
3.1 Измерения уровня ADSL	51
3.2 Расчет трафика для услуг IPTV	52
3.2.1 Трафик ПД	52
3.2.2 Речевой трафик	53
3.3 Расчет степени использования канала	58
3.4 Расчет количества транзакций	68
Заключение	69
Список литературы	70
Приложение А	77
Приложение Б	79
Приложение В	85

Аннотация

В данной работе проведено исследование и дан анализ услуги IP-TV. Рассмотрен алгоритм работы промежуточного буфера при реализации услуги «Видео по запросу». Проведены экспериментальные исследования. Дан расчет необходимых параметров для реализации услуги IPTV.

Abstract

In this work was a comparative analysis and research of IPTV services. Reviewed algorithm of intermediate buffer in the implementation of the service "Video on Demand". Also provided experimental researches of IPTV and calculation of the required parameters for the work of services IPTV.

Андапта

Бұл жобада IP-TV қызметінің талдауы мен зерттеулері өткізілген. Кезеңдік буфердің жұмысының алгоритмы «Видео сұраным бойынша» қызметі арқылы қарастырылды. Эксперименталді зерттеулер өткізілді. IPTV қызметінің жүзеге асуы үшін қажетті параметрдің есебі көрсетілді.

Введение

Стремительное развитие технологий приводит к тому, что количество услуг в сетях NGN неуклонно растет [1]. Свойство интерактивности современных услуг объясняется тем, что пользователь в большинстве случаев становится активным участником процесса ее предоставления, причем уровень интерактивности растет с каждым годом, поэтому интерактивность может рассматриваться как особенность современной концепции услуг связи. Другим свойством современных услуг является персонализация. При широком многообразии услуг, исключая какие бы то ни было ограничения спроса на них со стороны клиентов, пользователь чаще всего хочет получить уникальный, подходящий именно ему набор услуг. Свойством современных услуг является также и ограниченность времени их жизни, оно отражает развитие новой услуги в рыночном поле от появления ее на рынке до прекращения существования. Это свойство подчеркивает высокую динамику развития современных сетей. Хотя для услуг, предоставляемых традиционными сетями также существовало время жизни, оно могло составлять несколько десятилетий, так что можно было говорить скорее о стационарном наборе услуг, чем об их динамичном развитии. В современных сетях услуга может существовать несколько месяцев или даже несколько дней. Все перечисленные выше свойства свидетельствуют о процессе изменения парадигмы современных услуг связи, которая, в свою очередь, связана с революционными преобразованиями, которые приносят с собой современные сети. Наряду с преимуществами, которые дает современная сеть в области услуг, можно выделить и ряд недостатков: рост сложности технических решений, связанных с новыми услугами, новые требования по объемам передаваемой информации и повышение требований в части безопасности сетей. Рассматривая динамику развития услуги, связанную с временем ее жизни, необходимо учитывать, что любая услуга на рынке сосуществует с другими услугами в едином поле, опирается на определенную социальную группу потенциальных или реальных пользователей. Услуга уходит с рынка, когда количество таких пользователей уменьшается до размеров, при которых затраты на предоставление новой услуги не окупают суммарную плату, полученную от клиентов. Целью данной диссертаций является исследование и анализ услуги IP-TV.

Для достижения своей цели в работе необходимо делать следующее:

- Провести анализ информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями
- Исследование по проверке параметров для внедрения услуг IPTV
- Сделать расчет необходимых параметров для внедрения услуги IPTV

1 Анализ информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями

1.1 Литературный обзор информации по эволюционному процессу развития телевидения и конвергенции с IP сетями

Жизненный цикл услуги на рынке зависит от поведения различных групп пользователей. Как правило, он представляет собой волнообразную динамику развития услуги, что характерно для большинства инновационных технологий [2]. Услугой пользуются разные социальные группы, самая малочисленная из которых — это инноваторы (профессионалы в области телекоммуникаций, которые разрабатывают и экспериментируют с новыми услугами связи). Более многочисленна - группа энтузиастов, для которых технология связи является своего рода увлечением. Они занимаются опытным внедрением и тестированием новой технологии, чаще всего на безвозмездных началах. Эти две социальные группы опережают внедрение новой услуги. Все остальные пользователи делятся на три группы. Продвинутое большинство — это люди, хорошо владеющие компьютерной грамотностью и имеющие достаточную квалификацию для того, чтобы самостоятельно настроить новые услуги. Обычные пользователи отстают от них по уровню квалификации и используют новые услуги связи тогда, когда настройка компьютера сводится к нажатию нескольких клавиш после загрузки установочного диска. Консервативные потребители, или запоздавшее меньшинство, представляют собой пользователей, которые обратятся к уже не новым услугам только тогда, когда все остальное общество основательно привыкло к ним. Указанное распределение по социальным группам не является статичным, а меняется с течением времени. На ранних стадиях новую услугу тестируют в лабораториях инноваторы, а затем пускают ее в опытную эксплуатацию. В этот момент ее подхватывают энтузиасты, тестируют, находят и исправляют ошибки. И только после этого новую услугу можно считать состоявшейся на рынке. Услуга внедряется, продается и охватывает постепенно все социальные группы — от активных и квалифицированных пользователей до консерваторов. Размер социальной базы для каждой услуги свой и определяется ее характером. Для каждой услуги существует своя социальная база, своя динамика развития, свой цикл жизни и свои показатели эффективности.

Эволюционный ряд проиллюстрирован на рисунке 1.1. В качестве начальной точки взята технология традиционной телефонии, предоставляющая следующий набор услуг: междугородная, международная, зональная связь, справочные службы и прочее. Качественный скачок в изменении концепции услуг был связан с развитием технологии ISDN, когда произошла интеграция между телефонной сетью и сетью передачи данных [3], [4].

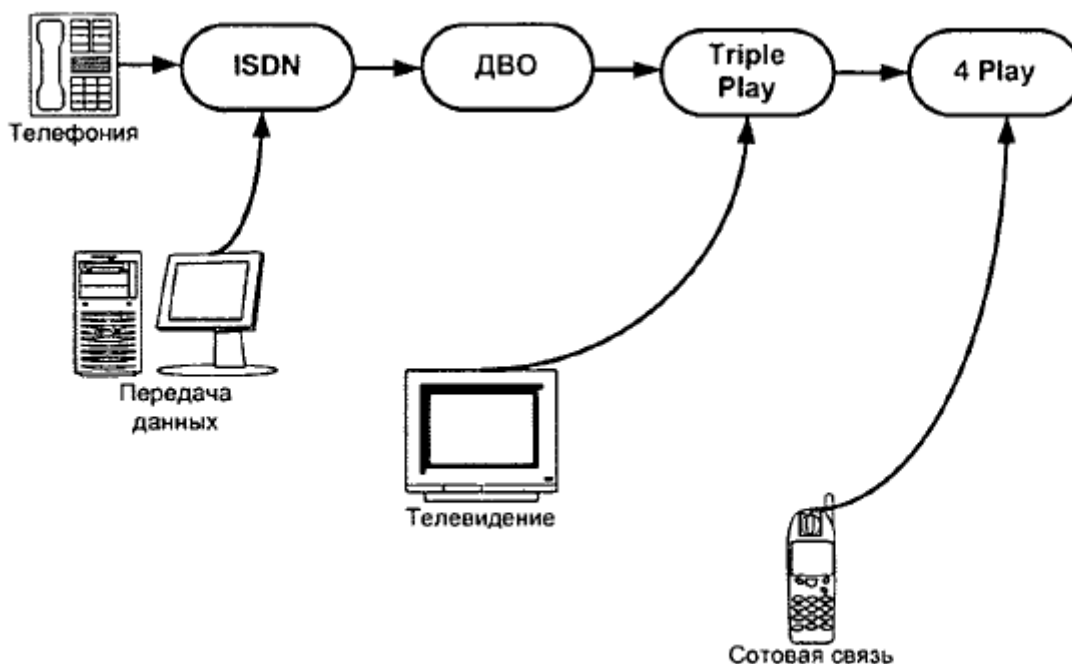


Рисунок 1.1 – Эволюция современных услуг связи

На основе объединения (2Play) двух услуг (телефония и передача данных) оказалось возможным разработать целый пакет новых услуг. На этом этапе появились услуги передачи данных параллельно с телефонным разговором.

Дальнейшее развитие концепции услуг шло по пути повышения эффективности использования ресурса сетей ISDN и ОКС №7 [5]. Например, возможность передачи сигнальных сообщений в процессе разговора оказалась очень важной при формировании группы услуг, которые получили название ДВО (дополнительные виды обслуживания). Услуги ДВО отличаются от традиционного пакета услуг ISDN, которые в большей степени были ориентированы на использование телефонии, передачи данных и их комбинации. ДВО ориентировались на услуги, связанные с поведением абонента в сети. К услугам ДВО относятся такие услуги, как переадресация, «вызов третьего», «вызов на конференцсвязь». Переход от цифровых сетей связи к концепции NGN совершил революцию в современных услугах, поскольку привнес третье измерение - передачу видеосигналов [6].

Первой значимой концепцией NGN была концепция TriplePlay, в основу которой была положена идея о том, что все современные услуги связи можно представить в виде объединения речи, данных и видео [7]. Триада этих услуг создает своеобразный базис, по которому можно разложить любую современную услугу. Первоначально для этого предполагалось использовать одну инфраструктуру сетей доступа и единую транспортную сеть для всех возможных услуг связи. По сути это все та же традиционная система связи, где услуги доступа к сети Интернет, телефонии и телевидения предоставляются отдельно и могут быть объединены только на уровне

кабельной сети доступа (доступ в Интернет по телефонной паре, передача данных и телевидения по волоконно-оптическим линиям связи и так далее). Концепция TriplePlay предлагает использовать для предоставления всех указанных услуг единую инфраструктуру мультисервисной сети NGN, включающую транспортную сеть и сеть доступа. Архитектура сети в таком случае становится горизонтальной [8]. Переход в концепции услуг от вертикальной к горизонтальной модели организации и объединение различных услуг на уровне транспорта и доступа представляют собой существенный шаг по пути конвергенции сети на уровне услуг. Таким образом, концепция TriplePlay стала основой для дальнейшей конвергенции сетей [9]. Одна и та же триада услуг (данные, речь, видео) может опираться на сеть Ethernet, абонентские сети ADSL или оптические системы FTTH или PON, при этом принципы предоставления услуг, диагностики, контроля и управления качеством будут совершенно одинаковыми [10], [11]. Таково следствие принципа конвергенции современных сетей. Создав единую среду передачи данных на основе IP, технология NGN позволяет перемешивать различные сети доступа и предоставлять весь перечень услуг TriplePlay в любых сетях [12].

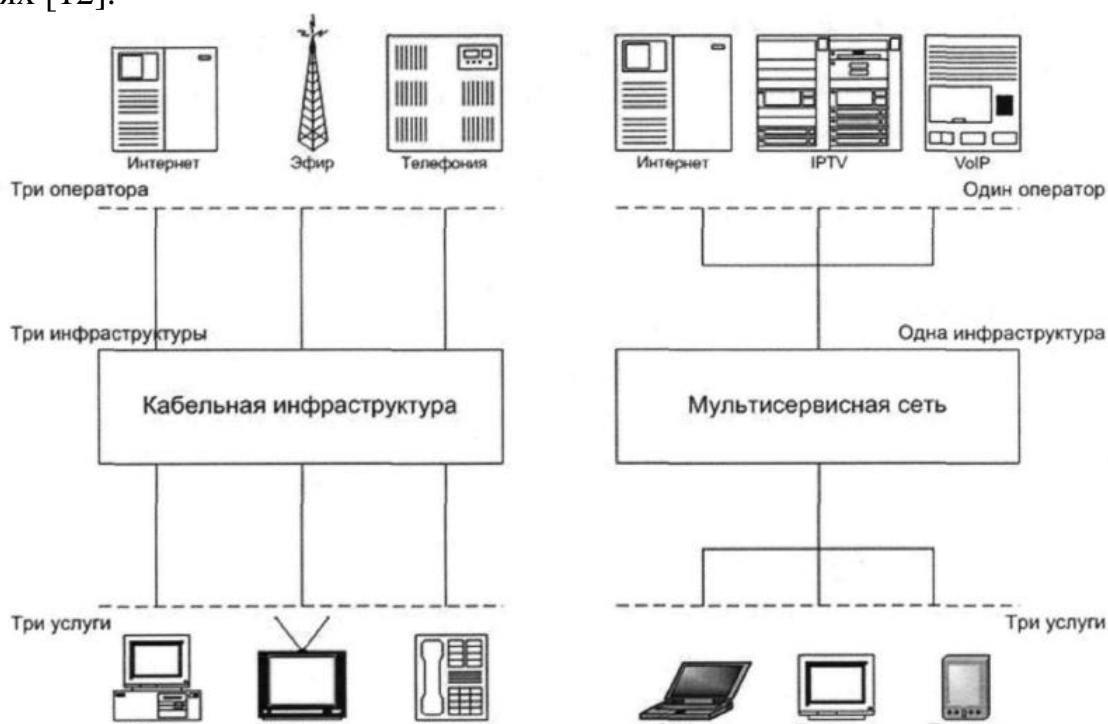


Рисунок 1.2 – Модели инфраструктуры

Концепция TriplePlay стала основой для развития современных услуг NGN [13]. Она базируется на той идее, что любые современные услуги можно представить в виде комбинации данных, речи и видео [14]. Например, интерактивные игры можно представить комбинацией «данные плюс видео», а видеоконференц-связь — «видео плюс речь». Концепция TriplePlay вызвала бурные изменения в современной жизни. Пока этот набор новых услуг доступен только инноваторам и энтузиастам, процесс их внедрения только

начинается. Если раньше подобные услуги рассматривались как существенный деловой инструмент современной цивилизации, то теперь в системы связи добавляется развлекательная компонента, связанная с видео услугами. В настоящее время прорабатываются стандарты для новой концепции - QuadroPlay. Четвертым измерением, которое привносится в услуги связи, является мобильная беспроводная связь и услуги, связанные с местоположением абонента и его мобильностью. Например, существующая концепция сетей опытно внедрение трансляции телевидения на мобильные телефоны - это лишь подготовка к будущему прорыву в области современных услуг [15].

Синергетический эффект, который принесла с собой концепция Triple Play, будет продолжен на новом этапе, несмотря на то, что стандарты QuadroPlay и принципы организации связи находятся еще в стадии разработки.

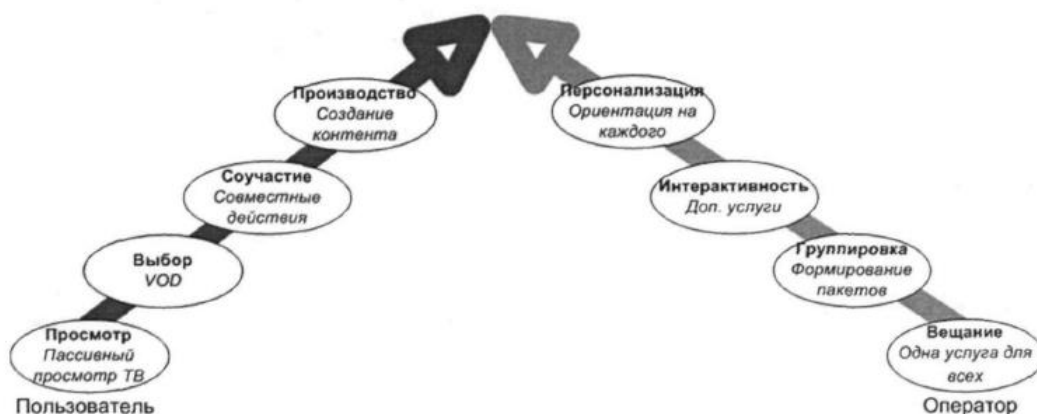


Рисунок 1.3– Структура сближения пользователя и оператора

Изучения технических решений NGN разных уровней проявили, что для всякого уровня есть определенная мысль развития. Для сетей доступа это: внедрение имеющихся решений и надобность действительно дать широкополосный доступ всем возможным юзерам, для уровня транспортных сетей — конвергенция решений, для уровня управления — неизменная декомпозиция технических решений. Главной идеей развития современных услуг связи, которая определяла бы направленность эволюции концепции услуг, является их интерактивность.

Формирование интерактивности услуг разрешено изучить на образце видеослужб в современных сетях NGN. На рисунке 1. 3 выслеживается регулярность, согласно которой формирование интерактивности приводит к поочередному сближению оператора и юзера. Формирование интерактивности сервисы ведет к все наиболее функциональному роли юзера в работе телевидения [7]. Ежели брать за отправную точку обыденное эфирное телевидение, то тут юзер полностью пассивен. При переходе к услуге «видео

сообразно запросу»(VideoonDemand, VoD)юзер врубаются в процесс работы козни, так как сам может избирать приглянувшийся материал. Предстоящее формирование интерактивности позволяет юзеру подключиться в дискуссия контента, получаемого сообразно запросу в режиме настоящего времени. В качестве образца таковой сервисы разрешено привести видеочаты, какие транслируются сообразно неким телевизионным каналам. Апофеозом интерактивного роли юзера в работе телевизионного вещания является степень, когда юзеры сами сформировывают контент. Различные онлайн-дневники, журналчики, банки любительских кинофильмов в козни Веб — это лишь правило новейшей телевизионной культуры.

На нынешний момент уже изобретены решения на складе платформы IMS, какие предоставляют вероятность юзерам без помощи других сформировывать, редактировать и располагать в системе IPTV собственный канал телевидения, афишировать его, делать вязку собственного канала с иными каналами вещания в Веб [35], [37]. Таким образом, от концепции «Юзер - режиссер» юзеры NGN переходят к концепции «Юзер - продюсер». Синхронно с ходом юзеров к наибольшей интерактивности навстречу им движутся операторы, какие развивают сервисы козни таким образом, чтоб рост интерактивности поддерживался надлежащими сетевыми решениями. На шаге вполне пассивного поведения юзеров инструктор предоставляет услугу телевизионного вещания — одну для всех юзеров. Возникновение сервисы «видео сообразно запросу» ставит вопросец о регулировании контента, так как возникают наиболее приоритетные и наименее приоритетные каналы телевидения. Для действенного управления услугами инструктор обязан перейти к делению юзеров на группы. Возникновение функциональных юзеров, какие врубаются в процесс интерактивного обсуждения заполнения козни, приводит оператора к необходимости перейти к интерактивным технологиям, нацеленным или на определенные общественные группы, либопоследовательную персонализацию услуг связи.

Взаимодействие оператора и юзера проистекает в определенной точке наибольшей интерактивности крайнего, когда он делается родником контента для оператора. В таком случае инструктор обязан снабдить юзеру реализацию всех его пожеланий, будь то наладка оболочки управления услугами либо особые редакторы для формирования личного контента. В тот момент, когда операторы и юзеры встретятся в точке наибольшей интерактивности, появится совсем новое общество профессионалов, работающих с системой связи. Грань меж оператором(контент-провайдером — поставщиком инфы)и юзером совсем размывается. Инструктор может существовать заинтересован в том контенте, который предложит ему юзер, вособенности, ежели таковой контент заинтригует большие массы сообщества. В таком случае может очутиться, что юзеры новейшего поколения будут выводить контракта на поставку контента операторам, аналогично контракта об оплате хостинга фаворитных страниц. Стратегия на наибольшую активностьпользователей видется исторически

натуральной, однако её воплощение во многом зависит от уровня информатизации общества.

Исторически главным возникло «эфирное» телевидение, когда передатчик телевизионной станции излучает радиоволны для всех абонентов, имеющих телевизионные приемники в зоне действия станции. Таковой режим распределения инфы именуется широковещательным и он принципиально различается от режима коммутации, применяемого в телефонии и передаче данных. Сигналы телевидения являются аналоговыми, как и в телефонии, однако они имеют еще более трудную структуру, поэтому что телевизионное изображение владеет двумерный формат, а речь-одномерна(меняется лишь во времени). Для такого чтоб отдавать некоторое количество телевизионных программ употребляется ЧРК, еще как в аналоговой телефонии. Данная телевизионная служба в данный момент является самой массовой, этак как она не просит строительства кабельных рядов связи для абонентов. Свойство передаваемых изображения и звука тут не может существовать чрезвычайно высочайшим, этак как на него воздействуют условия распространения радиоволн(осадки, многократные отображения от спостроек, затенения).

Некоторое количество лет обратно у «эфирного» телевидения, как у массовой сервисы возник соперник - кабельное телевидение, которое развертывается, начиная с 80-х годов 20-го века. В его базе еще лежат аналоговые сигналы, ЧРК и принцип широкого вещания. Тут сигналы от ведущей станции передаются к абонентам сообразно умышленно проложенной кабельной козни [38]. Это гарантирует наиболее высочайшее свойство передачи и позволяет услугу изготовить платной, этак как кабельный ввод в квартиру может существовать отключен в случае неуплаты. Телевизионные приемники у абонентов тут употребляются те же наиболее, что и при обыкновенном телевидении.

Последующий шаг - возникновение качественной массовой сервисы - цифрового телевидения. Она уже реализуется, начиная с 90-х годов прошедшего века. В её базе лежат преобразование аналогового телевизионного сигнала в числовой, внедрение ВРК и технологии коммутации каналов. Несомненными плюсами цифрового телевидения являются высочайшее свойство передачи программ, адресная передача сообразно запросу. Удерживает общее введение сервисы надобность покупки особого телевизионного приемника, который покуда является довольно драгоценным. Технологический прогресс в быстрое время дозволит справиться этот недочет. Методы передачи сигналов цифрового телевидения имеют все шансы существовать самыми различными: сообразно радиоканалам, сообразно сетям кабельного телевидения и даже сообразно телефонным сетям с внедрением особых модемов.

За крайние 10 лет аналоговое телевидение фактически утратило свои позиции, во всех станах решетка идет подмена аналогового телевидения на цифровое. Доп стимулом развития цифрового телевидения стало понижение

цен на цифровые телевизионные приемники и приставки к аналоговым телекам. В Республике Казахстан целый переход на цифровое телевидение ожидается к 2015 году. Ещё одной принципиальной тенденцией является повышение числа георбитальных связных спутников, транслирующих большее количество телепрограмм. Преимущественно транслируются пакеты цифровых телепрограмм, хотя покуда ещё имеется маленькое количество аналоговых телепрограмм. Хоть какой житель Казахстана, владеющий простейшей системой приема спутникового телевидения, может принимать наиболее ста бесплатных телеканалов.

Последующей тенденцией является введение телевидения высочайшей четкости(ТВЧ)либо HDTV(HighDefinitionTV). Позволение такого видеоизображения в пять раз больше, чем у обыденного телевизора. Это достигается как за счет удвоения числа сотрудников, так и за счет роста числа строк и количества элементов в их. Лишь в США HDTV смотрят наиболее 67 миллионов абонентов, а годичный заработок отпродажтелевизоров ТВЧ в 2009 году составил 33 млрд баксов США. Быстрое введение технологии HDTV во почти всех странах регулируется законодательно. Получив разрешение на цифровое вещание, хозяева телеканалов сходу должны выпускать их в HDTV-качестве. В Европе 1-ые HD-каналы стали производиться в 2003 году, а в Рф с 2006 года. Разработан и проверен стандарт суперчеткого изображения SHDTV(SuperHi-Vision). Правило SHDTV-вещания начнется предположительно в 2015 году. Введение новейших сервисов в системах кабельного телевидения может приносить операторам дополнительные прибыли. Достаточно огромные перспективы в этом плане сулит введение услуг интерактивного телевидения. Стандарты, одобренные интернациональным техническим сообществом, включают в интерактивное телевидение всевозможные нелинейные воздействия на транслируемый видеоряд(упреждающая запись телепрограммы и следующий её просмотр с исключением маркетинговых вставок, передача со студии в рамках одной телепрограммы избыточного контента и его опрос просмотр абонентом, смещение видеоблоков и их многократный просмотр абонентом в обучающих телепрограмма и тому схожее). Эксперты привнесли основной вклад в разработку концепций и стандартов реализации интерактивного телевидения. В книжке Кривошеева М. И. и Федунина В. Г. «Интерактивное телевидение» дана последующая трактовка интерактивности применительно к телевидению: «Она преобразуеттрадиционное, так именуемое линейное вещание, характеризующееся пассивным просмотром программ, в нелинейный информативный процесс, при котором пользователь может управлять получаемой информацией, в том числе передаваемыми программами». Была предложена и разработана стратегия внедрения новейших цифровых систем телевещания. Эта стратегия дозволила сфокусировать широкомасштабные изучения в разных странах решетка на исследовании методов сжатия данных и на передаче цифровых сигналов телевидения завышенного качества и высочайшей четкости, многопрограммного и стереоскопического телевидения

сообразно стандартным каналам с полосами частот 6, 7 и 8 МГц. Это дает значительный народнохозяйственный эффект, так как не тормозится развитие существующих ТВ систем и гарантируется постепенный переход к новеньким цифровым ТВ системам с относительно небольшими затратами. Поэтому международные изучения интерактивности основываются на новеньком глобальном подходе к предоставленной дилемме с учетом сформировавшихся трактов аналогового и цифрового ТВ вещания в стандартных полосах частот. Интернациональный альянс электросвязи определяет службы интерактивного телевидения как службы, позволяющие телезрителю реагировать в настоящем либо квазиреальном времени на характер и оглавление предоставляемых услуг путем передачи соответствующих извещений в центр управления системы кабельного телевидения, телестудию либо другим провайдером услуг, вовлеченных в интерактивный процесс. Учитывая тот факт, что во почти всех городках городские магистрали, использующие технологию GigabitEthernet, активно соединяются с семейными компьютерными сетями и стоимость IP-трафика раз в год существенно снижается, развитие интерактивных сервисов в ближайшие годы будет идти бурными темпами [28]. Переход к интерактивности в телевидении неизбежно изменит саму систему вещания. Это будет дистрибуция контента в всякую точку решетка. Пользователь с поддержкой программ-навигаторов сможет заказать нужные киноленты, видеозаписи телепрограмм, интернет-страницы, аудиозаписи и другое [25]. Автоматически исключив маркетинговые вставки и сохранив заказанные программки, он сможет посмотреть их в хоть какое комфортное время.

На текущий момент более распространенными сервисами, предоставляемыми операторами IPTV являются следующие: «Телевизионное IP-мультивещание» — предоставление разных пакетов телепрограмм, которые передаются сообразно IP-сетям с внедрением мультивещательного протокола multicast, «Видео сообразно запросу» (VoD, Video on Demand) — позволяет абоненту выбрать из перечня кинофильмов подходящий, заказать его с поддержкой особой приставки и посмотреть в настоящем времени, «Видео почти сообразно требованию» (nVoD, near Video on Demand) — аналог предшествующей сервисы с тем отличием, что заказанные киноленты, как верховодило, могут быть просмотрены пользователем не в настоящем масштабе времени, а с некоторой задержкой, «Семейный кинотеатр» либо «виртуальный кинозал» — осуществление сервисы трансляции запрошенного видеопродукта сообразно расписанию, как верховодило, подписанным на её просмотр абонентам, «Телевидение, сдвинутое сообразно времени» (Time Shift TV) — оператор сообразно договору с вещателями записывает целый круглосуточный видеоконтент телеканалов, а абонент, спустя некоторое время может найти в архивированных телематериалах подходящую телепрограмму, «Индивидуальный видеоманитфон» (PVR, Personal Video Recorder) — возможность для абонента записывать, стирать и архивировать видеоматериалы, «Электронная програмка телепередач» (EPG, Electronic Program Guide) — телепрограмма всех

транслируемых телеканалов на последующие некоторое количество дней с анонсами и список видеоматериалов для вероятного заказа сообразно VoD [30].

Упомянутый перечень сервисов принято считать главным. Не считая того, часть операторов предоставляет некоторые дополнительные сервисы: новости сообразно запросу; охранные сигнализации: видеонаблюдение(мониторинговое и охрannое); телеголосование: звуковое вещание(УКВ, БМ, сетевые станции со своими ЕРО); доступ к удаленным базам данных: фотоархивы с бесплатными сайтами сохранения фотоальбомов для абонентов предоставленной сети IPTV: телебанк(денежные сервисы): телеработа(телеработа посредством видеоданных); мед и общественные сервисы на дому; дистанционное обучение; сбор статистики; доступ к библиотеке видеоигр; отправка и прием речевых и видеосообщений(аналог автоответчика).

Эволюция качественного развития телевидения, показывает, что любое новое происхождение телевидения вбирало фаворитные прошлые достижения и давало что-то новое, недоступное раньше. Соответственно, разрешено придти к выводу, что IPTV становится полноправным, дополняющим цифровое, спутниковое, кабельное и эфирное телевидение видом телевизионного коммерциала.

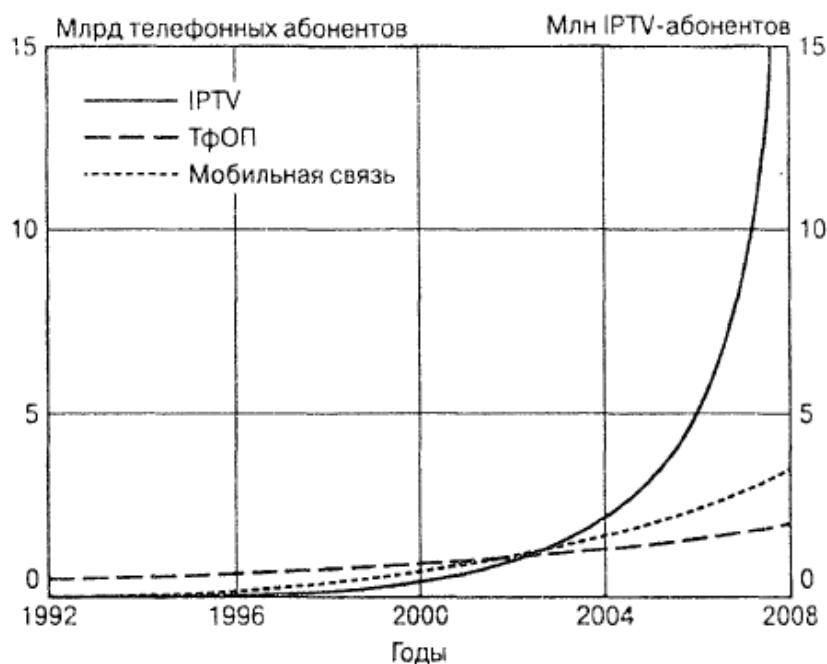


Рисунок 1.4 - Динамика роста числа абонентов в различных сетях

На рисунке 1.4 представлена динамика роста числа абонентов в сетях СТОП, мобильной связи и операторов IPTV.

Услуги, входящие в комплекс IPTV, можно разделить по характеру доставки пакетного трафика на многоадресные и одноадресные (multicast, unicast). К первому типу относится трансляция телевизионных программ по протоколу IP и услуга «Виртуальный кинозал» (трансляция

видеофильмов с сервера оператора в заранее заданное время). В этом случае абонент, желающий посмотреть тот или иной телевизионный канал или телевизионный фильм с помощью специализированного устройства (телевизионной приставки «Set-top-box» или эмулирующего ее программного приложения) осуществляет подписку на соответствующую групповую многоадресную рассылку (multicast группу) [25]. Присоединившись к выбранной группе многоадресной рассылки абонент начинает получать трафик потока того или иного телевизионного канала вместе с другими абонентами, также выбравшими в данный момент времени этот телеканал. В случае, когда абонент захочет посмотреть другой телеканал, происходит отписка от первой группы многоадресной рассылки и присоединение к группе уже другого канала. Таким образом, ощущается заметная экономия пропускной способности каналов связи, так как для каждого абонента не создается отдельный поток, а абонент присоединяется к уже существующему потоку, доступному всем абонентам, просматривающим данный телеканал. Для эффективного управления многоадресными рассылками используется протокол PIM (Protocol Independent Multicast), - протокол маршрутизации для IP сетей, созданный для решения проблем групповой маршрутизации [37]. При этом в зависимости от особенностей сети передачи данных оператора может быть использован один из двух режимов работы этого протокола: уплотненный режим (Dense Mode) - используется для компактных групп, обычно с высокой плотностью получателей, он строит деревья кратчайшего пути, наводняя всю сеть multicast трафиком, а затем на обратном пути обрезает ветви дерева, где не имеется получателей, или разреженный режим (Sparse Mode), который строит однонаправленные общие деревья с корнем в точке rendezvous для каждой multicast-группы, и дополнительно протокол в данном режиме создает деревья кратчайшего пути для каждого отправителя. Как правило разреженный режим используется для сетей с произвольным рассредоточением пользователей с ограниченной пропускной способностью сетевых каналов.

В случае услуг с одноадресной рассылкой («Видео по запросу», «Виртуальный видеомаягнитофон», «Телевидение, сдвинутое по времени») для каждого абонента создается отдельный поток, так как заранее неизвестно в какое время и какую программу захочет посмотреть подписчик услуги. Соответственно существенно возрастает и нагрузка на каналы связи, которые доставляют контент клиенту. В условиях, когда наиболее востребованным становится именно персональный контент, традиционно предполагающий одноадресный характер доставки, актуализируется задача оптимизации способов оказания данных услуг с целью их наиболее эффективного предоставления.

1.2 Процесс развития систем коллективного доступа к телевидению

Системы IPTV начинают равномерно подменять имеющиеся системы кабельного телевидения, однако покауда сосуществуют синхронно с ними. Для этого они обязаны владеть техническими параметрами, не худшими, чем у обычных систем кабельного телевидения. Осмотрим, как совершенствовались системы кабельного телевидения, и какие эксплуатационные характеристики они имеют.

Козни кабельного телевидения типа «антенна на подъезд» включают себя козни кабельного телевидения: типа «антенна на дом», с конвертацией каналов, типа «антенна на группу домов», с обратным каналом, корпоративный доступ к телевидению – системы MMDS и типа «волокна в дом».

Большой энтузиазм представляет собой услугу корпоративный доступ к телевидению – системы MMDS и типа «волокна в дом». Потому остановимся наиболее тщательно на данных видах услуг.

1. 2. 1 Корпоративный доступ к телевидению — системы MMDS

Были изобретены и другие системам кабельного телевидения технологии доступа через эфирные сверхвысокочастотные козни. Это сетимногопрограммного телевидения типов: MMDS(частоты 2,2 - 2,7 ГГц), LMDS(27 ГГц)и MVDS(39 - 41 ГГц). Более развито вещание методом MMDS. Лишь в США им охвачено 20 миллионов абонентов. Системы MMDS(Microwave Multipoint Distributive Service)более подходят для городов с числом обитателей наиболее полумиллиона. Традиционно онитранслируют по 25 телепрограмм(либо соответственное количество цифровых потоков). В Казахстане разрешены интерактивные эфирные сверхвысокочастотные системы телевидения, то имеется передатчики могут находиться и у абонентов. Плюсы MMDS-систем состоят в последующем:они имеют все шансы существовать развернуты за лаконичный срок и юзеры, купившие абонентские комплекты, сходу получают доступ к многопрограммному телевидению; начальные капитальные издержки на строительство системы MMDS в разы не в такой мере, чем для системы кабельного телевидения такого же размера: не нужно трахать линейную распределительную сеть;многие недешевые составляющие MMDS изготавливаются российскими предприятиями. К недочетам систем MMDS разрешено отнести: зависимость качества двухсторонней связи для удаленных абонентов от метеоусловий;более высочайшая, чем для систем кабельного телевидения, совокупная стоимость владения; абонентская цена для юзеров MMDS обычно выше абонентской платы покупателей систем кабельного телевидения.

1. 2. 2 Козни кабельного телевидения типа «волокно в дом»

Другим методом построения систем кабельного телевидения является разработка «волокно в дом»(FTTB — Fiber To The Building). Такие системы нередко именуют сетями кабельного телевидения с глубоким проникновением

оптики. Сообразно паре волокон гарантируется канал связи козни с иерархией Ethernet 10/100/1000 [48]. К абоненту прокладывается многопроводный кабель (летая два) длиной по 100 метров на интерфейсы Ethernet [32]. Внедрение коммутаторов позволяет осуществить иерархию по скоростям, тарификацию абонентов при их подключении, а также использовать наиболее скоростные каналы на магистральных участках козни. Вероятны 2 варианта доставки ТВ каналов. 1-ый подразумевает, что по одному волокну передается вещательный телевизионный знак надомовой зрительный приемник-усилитель, обеспечивающий прямолинейный прием этого сигнала с волокна, преобразование оптического сигнала в электрический и передачу его в коаксиальный кабель в полосе распорядка 1 ГГц. При подмене обыкновенной козни кабельного телевидения на FTTV домовой усилитель удаляется, а инертный отрывок коаксиального кабеля с цифровым телевизионным вещанием в эталоне MPEG-2 больше 240 МГц сберегается. Обратного канала в такой HFC-сети недостает. Для доступа в Веб употребляется скоростной канал козни Ethernet. В таковой козни подача сервисы видео сообразно требованию вероятна чрез IP-сеть.

1. 3 Метод работы промежуточного буфера при реализации сервисы «Видео сообразно запросу»

1. 3. 1 Главные элементы метода кэширования услуг.

Осмотрим метод кэширования услуг «Телевидения, сдвинутого сообразно времени». Этак как целенаправлено сохранять лишь сегменты телепрограммы, то размер прокси-серверов может существовать ограничен по нескольким гб, что дозволит в свою очередность уменьшить размер ресурсов центрального сервера IЭТУ, и в итоге понизить цену развертывания сервисы [11].

Поделим логически кэш прокси-сервера на две доли: на маленькую дробь КЭШМ (размером не более 1 Гб) и главную дробь КЭШб. При этом станем полагать, что КЭШМ станет употребляться для кэширования первых нескольких минут всякой снова запрошенной абонентом програмки (для определения её начальной репутации). Дробь КЭШб станет употребляться для сохранения частей (с возрастающими либо скользящими окнами) более фаворитных в этот момент программ.

В свою очередность поделим логически КЭШб на 2 отдельных хранилища. Дробь КЭШбу станет сохранять лишь неповторимые сегменты телевизионных программ, и станет общей для всех узлов, окружающих на одном уровне доступа. При этом станем полагать, что все прокси-серверы знают, какие неповторимые сегменты хранятся на остальных прокси-серверах. Таковым образом, все доли КЭШбу всех прокси-серверов представляют собой один большущий кэш, основным образом, для разгрузки центрального сервера IPTV. 2-ая дробь КЭШбп станет употребляться для сохранения более фаворитных частей телевизионных программ.

Главным назначением данной доли является сгрузка козни доступа, при этом употребляется устройство совокупного кэширования. Подлинный

величина всякого сектора в доли КЭШбп станет определен и, при необходимости, изменен опосля всякого промежутка Δ .

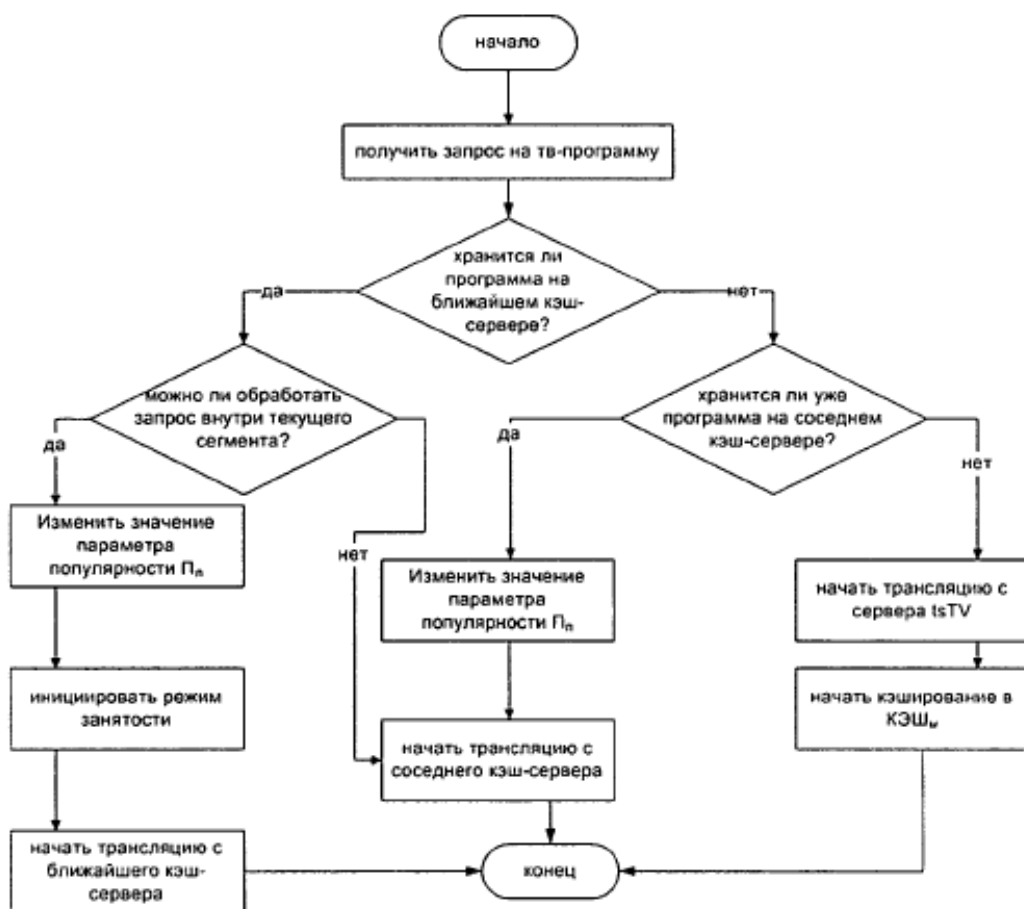


Рисунок 1.5 - Принципы алгоритма кэширования на каждом прокси-сервере

На рисунке 1.5 показан главный принцип алгоритма кэширования. В течение интервала Δ требования абонентов на просмотр программки поступают на прокси-серверы. Любой раз показатель популярности ПП обновляется на прокси-сервере p для программы tv_i . Этот показатель будет использоваться для определения популярности программки, принимая во интереса смысл удаленности прокси-сервера, на котором она хранится. Это означает, что известная программка не будет сохраняться в кэш, так как смежный прокси-сервер уже сберег эту программку. Параметр ПП рассчитывается последующим образом: любой раз, когда запрос на программку tv_i поступает на прокси-сервер, показатель ПП увеличивается либо на штуку либо (в случае, ежели в сети находится некоторое количество прокси-серверов) на количество сетевых сегментов меж прокси-сервером p и прокси-сервером, на котором хранится программка.

Опосля всякого интервала Δ все сегменты, находящиеся в КЭШМ в режиме занятости (то есть обслуживающие требования абонентов) сохраняются в КЭШб. Часть КЭШбп наполняется сегментами с растущими окнами для

самых фаворитных программ(с максимальными значениями ПП). Остальные сегменты удаляются из КЭШМ, а смысла ПП обнуляются.

В отличии от иерархического кэширования, в каком месте требования, которые не могут быть обслужены, перенаправляются к наиболее близкому согласно пути к центральному серверу прокси-серверу, в случае совместного кэширования прокси-серверы могут перенаправлять требования прокси-серверам собственного уровня [13]. Так как все прокси-серверы имеют информацию о состоянии соседних прокси-серверов, все части КЭШбу могут быть эффективно заполнены, а остальное место(КЭШбп)может быть применено для сохранения более известного локально контента. Наполнение КЭШбу может быть оптимизировано за счет применения принципа «прозрачного RSTP перенаправления запросов» для эффективности сотворения 1-го огромного виртуального КЭШа.

Использование дополняющих друг друга методов иерархического и совместного кэширования могут быть соединены для достижения ещё наиболее эффективных результатов при небольших размерах кэшей(наименее 1-го гигабайта).

1. 3. 2 Анализ методов кэширования для оптимизации сервисы «Видео согласно запросу»

В критериях конвергенции для снабжения собственной конкурентоспособности операторы связи обязаны предоставлять сервисы собственным абонентам, применяя некоторое количество технологий уровня доступа. Таковым образом, задача управления перспективными новенькими услугами усложняется. К примеру, для предоставления обслуживания «Видео согласно запросу» разработанные технологии повышения эффективности, такие как префиксное кэширование и интервальное кэширование, нацелены в главном для предоставления услуг абонентам, использующим одну технологию доступа.

Таковым образом, возникает задача для адаптации существующих устройств кэширования предоставленного контента для клиентов, присоединенных к разнородным сетям, и как следствие, имеющих разные сетевые характеристики: доступной пропускной способности, размера буфера и так дальше.

Нужно проанализировать теоретическую производительность существующих стратегий кэширования, а затем вывести функцию затрат для измерения соответствующего прироста производительности. На основании результатов разбора алгоритма разрешено разработать стратегию кэширования, которая использует как префиксное, так и интервальное кэширование для минимизации входной полосы пропускания прокси-сервера.

Для усовершенствования качества воссоздания сервисы «Видео согласно запросу» могут быть применены интегрированные стратегии кэширования с внедрение прокси, которые могут уменьшить начальные задержки. Посреди этих стратегий, префиксное кэширование, которое

работает через прокси, чтобы гарантировать, что на запрос просмотра сходу же передаются начальные сегменты видео, именуемые префиксом, с прокси-сервера. Это позволяет клиенту начать воссоздание немедленно, а остальные части видео извлекаются из медиа-серверов.

Клиенты в настоящем мире могут находиться в разных сетях доступа, таких как Ethernet, беспроводная сеть доступа, XDSL, сети кабельного телевидения и так далее [34]. В связи с неоднородным характером сетей доступа клиенты имеют различные требования (к примеру, потоковой скорости) для просмотра видео, для чего нужно использовать средства адаптации скорости передачи. В дополнение к гетерогенности сетей, клиентские устройства также могут быть гетерогенными: индивидуальные компьютеры, цифровые телевизоры, PDA, либо мультимедийные телефоны. Эти клиентские устройства традиционно имеют разные емкости (клиентские буферы).

К примеру, индивидуальный компьютер может иметь гигабайт буферного пространства, в то время как портативные устройства, такие как мультимедийный телефон может иметь только некоторое количество мегабайт либо даже килобайт буферного пространства. Такие гетерогенные клиентские буферы также могут вызвать критичные трудности для применения прокси-серверов при организации сервисы «Видео согласно запросу». К примеру, при запросе контента с пропускной способностью 1 мегабит в секунду, при размере префиксного окна 5 минут, для сервиса запроса клиентский буфер обязан быть не менее 37,5 мегабайт, что является затруднительным для карманных индивидуальных компьютеров либо функциональных телефонов. Для упрощения станем дальше называть клиентские устройства, критичные к размерам буферного пространства - «клиентами с ограниченными буферами», а остальных - «клиентами с безграничными буферами».

Иной стратегией кэширования является интервальное кэширование, при котором прокси-сервер кэширует скользящей интервал видео объект, уменьшая как потребление пропускной способности сети и понижая начальную задержку для последующего запроса. Если 2 требования поступают вблизи согласно времени, то второй запрос может быть удовлетворен полностью прокси-сервером, то есть, клиент может получить немедленно видеопоток из кэша. В этом случае, клиент получает только один видеопоток в это же время, так что больший клиентской буфер более не требуется.

Интервальное кэширование может использоваться, чтобы обслуживать «клиентов с ограниченным буфером», однако оно все одинаково не подходит для предоставления услуг неоднородным клиентам, потому что оно является наименее эффективным, чем префиксное кэширование в случае, когда большинство запросов не ограничено буферами клиентов. Поэтому ни префиксное кэширование, ни интервальное кэширование не подходящи для гетерогенных клиентов. Вместе с тем интеграция обоих типов кэширования в

прокси-сервере может показать неплохой результат для эффективного сервиса гетерогенных клиентов.

В предоставленном разборе станем предполагать, что серверы работают в простом пакетном режиме, то есть в режиме предоставления потокового видео в истоке всякого пакетного окна.

Рассматриваемая система будет содержать 2 вида потоков: патч-поток и назначенный поток. Система, обеспечивающая предоставление настоящего обслуживания «Видео согласно запросу» должна обеспечить безотлагательное прибавление запросов с неограниченным буфером к видео файлу. Однако в этом случае начальная часть видео (к примеру, префикс) может быть недоступна в текущем потоке.

Если прокси-сервер не кэширует префикс, он генерирует патч-поток для запроса, чтобы получить пропущенный фрагмент от контент-сервера (либо иного прокси-сервера). С другой стороны, требования от клиентов с ограниченным буфером должны также сходу начать получать видео поток. Если прокси-сервер не может выделить интервальный кэш, чтобы удовлетворить запрос, он начинает предоставлять назначенный поток (сохраняющий совершенное видео) с контент-сервера (либо иного прокси, кэшировавшего видео полностью).

Входная полоса прокси может быть получена путем суммирования полосы запланированных потоков, выделенных потоков, и патч-потоков.

Пусть пропускная способность запланированных потоков будет обозначена как S_S , полоса пропускания потока - S_D , а пропускная способность патч-потоков будет S_P . Поскольку прокси будет выделять несколько префиксных и интервальных кэш для видео, то пусть $S(x, y)$ обозначает входную пропускную способность прокси, путем выделения x единиц (байт или секунд) префиксного кэш и y единиц интервального кэш. Стоит подчеркнуть, что S_S является постоянной, а S_D и S_P определяются распределением кэш. Таким образом, общая пропускная способность прокси-сервера будет определена:

$$S(x, y) = S_S + S_D(x, y) + S_P(x, y). \quad (1.1)$$

Рассмотрим простой случай, когда система поддерживает только одну видеопрограмму. Пусть длина видео будет определена как L , а размер пакетного окна - V . Для дальнейшего упрощения анализа будем полагать, что L делится на V . Если прокси-сервер имеет сервисную модель без буфера, то она будет выглядеть следующим образом:

- Для запросов с неограниченным буфером: он присоединяется к ближайшему сегменту и генерирует патч-поток для получения пропущенных префикса;

- Для запросов с ограниченным буфером: прокси инициирует выделенный поток от контент-сервера (или другого прокси) по запросу.

Пусть скорость поступления запросов с ограниченным буфером будет A^e и скорость поступления запросов с неограниченным буфером будет A^b .

Пусть время выполнения системы будет T , где T делится на B (для упрощения). Так как сервер поддерживает только одну видеопрограмму, то ожидаемая пропускная способность запланированных потоков будет:

$$S_S = (T \div B) \times L \div T. \quad (1.2)$$

Здесь $(T \div B)$ - это общее число сегментов. Таким образом, ожидаемая пропускная способность запланированных потоков будет:

$$S_S = L \div B. \quad (1.3)$$

Так как прокси не имеет буферной памяти (то есть интервальное кэширование недоступно), то все запросы с ограниченным буфером должны быть обслужены выделенными потоками, в результате чего будет создано в общей сложности TA^e выделенных потоков. Таким образом, ожидаемая полоса пропускания выделенных потоков определится, как:

$$S_D(0, 0) = TA^e \times L \div T = LA^e. \quad (1.4)$$

С другой стороны, запросы с неограниченным буфером обслуживаются в режиме простого пакетирования (дозировки) и несколько патч-потоков необходимы для получения пропущенного префикса. Таким образом, ожидаемая длина патчей равна сумме длин патчей, необходимых для всех запросов:

$$\frac{T}{B} \left(A^b \int_0^B x dx \right) = TA^b \frac{B}{2}. \quad (1.5)$$

Таким образом, ожидаемая полоса пропускания патч-потоков определится, как:

$$S_P(0,0) = TA^b \frac{B}{2} \div T = \frac{B}{2} A^b. \quad (1.6)$$

Следовательно, ожидаемая входная полоса пропускания прокси-сервера становится:

$$S(0,0) = S_S + S_D(0,0) + S_P(0,0) = \frac{L}{B} + LA^e + \frac{B}{2} A^b. \quad (1.7)$$

В случае использования прокси-сервером префиксного кэширования, сервисная модель несколько видоизменится.

- Для запросов с неограниченным буфером: он присоединяется к ближайшему сегменту и извлекает пропущенный префикс из префиксного кэш;

- Для запросов с ограниченным буфером: прокси инициирует выделенный поток от контент-сервера (или другого прокси) по запросу.

Следует отметить, что размер префиксного кэш K не должны быть больше, чем размер пакетного окна B , т. е. $0 \leq K \leq B$. Это объясняется тем, что каждый запрос в режиме простого пакетирования с размером пакетного окна B всегда может найти постоянный пакетный поток, начавшийся не ранее чем B назад, т. е. часть префиксного кэш за B никогда не будет доступна. То есть только те запросы, которые были поданы в течение последнего промежутка времени $(B - K)$ каждого пакетного окна будут нуждаться в патчах. Если прокси-сервер выделяет K единиц префиксного кэш ($0 \leq K \leq B$), то ожидаемая пропускная способность патч-потоков S_P становится равной:

$$S_P(K, 0) = \frac{T}{B} A^b \int_0^{B-K} x dx \div T = \frac{(B-K)^2}{2B} A^b. \quad (1.8)$$

Из-за того, что не выделяется интервальный кэш, ожидаемая полоса пропускания выделенных потоков по-прежнему равна $S_D = LA^e$. Таким образом, ожидаемая входная пропускная способность прокси становится равной:

$$S(K, 0) = S_S + S_D(K, 0) = \frac{L}{B} + LA^e + \frac{(B-K)^2}{2B} A^b. (1.9)$$

Если прокси-сервер использует только интервальное кэширование, то сервисная модель становится следующей.

- Для запросов с неограниченным буфером: он присоединяется к ближайшему сегменту и запрашивает пропущенный префикс с помощью патч-потоков;

- Для запросов с ограниченным буфером:

а) Если интервальный кэш может объединять запрос с предыдущим запросом, то прокси использует данный поток для удовлетворения запроса;

б) В противном случае, прокси-сервер инициирует выделенный поток от контент-сервера (или другого прокси) по запросу.

Если прокси-сервер все еще имеет свободный буфер, он выделяет интервальный кэш для кэширования последующих кадров видео. Интервальный кэш увеличит, если это окажется возможным, его размер течением времени.

Предположим, что прокси-сервер выделяет K единиц интервального кэша, $K = qB + r$, $\{0 \leq q, 0 \leq r \leq B\}$, $0 \leq K \leq L$. Отметим, что размер интервального кэша K не должен быть больше, чем длина видео L . Потому что L единиц интервального кэша может объединять все запросы с ограниченным буфером, поданные в течении временного интервала L . После промежутка времени L , запросы, которые поступили раньше, завершат свое воспроизведение и освободят кэш, который они заняли. А только что освобожденный кэш может использоваться для обслуживания входящих запросов. Таким образом, размер интервального кэша для видео никогда не будет больше, чем L . Этот факт также означает, что поведение прокси во всех периодических L интервалах времени схожи. Для упрощения анализа можно определить время исполнения системы как T , равное длине видео L .

Предположим, что прокси-сервер имеет K единиц интервального кэша, где K представлена в виде $K = qB + r$, $\{0 \leq q, 0 \leq r < B\}$, $0 \leq K \leq L$. Эти K единиц интервального кэша помогают агрегировать KA^e запросов с ограниченным буфером для выделения видео потоков в целях совместного пользования, таким образом, в этом случае необходимо только $(L - K)$ выделенных потоков, то есть, $S_D = (L - K) A^e$. Причина, по которой интервальное кэширование может также уменьшить длину патчей является более сложной. Рассмотрим три случая:

- В первом интервале времени $0 \leq t < K$, патчи не требуются, поскольку интервальный кэш уже кэширует видео поток длиной в K интервалов времени. Каждый запрос с неограниченным буфером, поданный в этом интервале времени, может получить пропущенный префикс из "интервального кэша"

напрямую. Таким образом, ожидаемая длина патчей, запрошенных в интервале времени $0 \leq t < K$, обозначаемая как E_{P1} , равна нулю;

- Во второй промежуток времени $K \leq t < (q + 1)B$, ожидаемая длина патчей, обозначаемая E_{P2} , будет равна:

$$E_{P2} = A^b \int_0^{B-r} x dx = \frac{(B-r)^2}{2} A^b. (1.10)$$

- В последний интервал времени $t \geq (q + 1)B$, ожидаемая длина патчей E_{P3} может быть определена:

$$E_{P3} = \frac{L-(q+1)B}{B} A^b \int_0^B x dx = \frac{(L-(q+1)B)B}{2} A^b. (1.11)$$

Таким образом, общая пропускная способность патч-потоков может быть определена как:

$$S_P(0, K) = (E_{P1} + E_{P2} + E_{P3}) \div L = \frac{(B-r)^2 + (L-(q+1)B)B}{2L} A^b. (1.12)$$

Следовательно, все вышеперечисленное позволяет говорить, что ожидаемая входная пропускная способность прокси будет равна:

$$\begin{aligned} S(0, K) &= S_S + S_D(0, K) + S_P(0, K) = \\ &= \frac{L}{B} + (L - K)A^e + \frac{(B-r)^2 + (L-(q+1)B)B}{2L} A^b. (1.13) \end{aligned}$$

Таким образом, была получена ожидаемая входная полоса пропускания прокси в простой системе предоставления услуги «Видео по запросу», поддерживающей только одну видеопрограмму. Теперь обобщим задачу кэширования системы «Видео по запросу» для нескольких видеопрограмм и опишем алгоритм распределения кэш для обеспечения максимальной производительности. При этом будем предполагать, что все видео имеют одинаковую скорость передачи данных.

Пусть сервис «Видео по запросу» поддерживает N видеопрограмм, каждая из которых имеет длину L_i , и соответствующий размер пакетного окна будет B_i $1 \leq i \leq N$. Для i -й видеопрограммы, пусть скорость поступления запросов с ограниченным буфером будет a и скорость поступления запросов с неограниченным буфером A_i^b . Пусть $g(x_i, y_i)$ обозначает выигрыш за счет использования x единиц префиксного кэш ($0 \leq x \leq B_i$) и y_i единиц интервального кэш ($0 \leq y_i \leq L_i$) для i -й видеопрограммы. Следовательно, выигрыш выделения K единиц префиксного кэш для i -й видеопрограммы можно определить как:

$$g(K, 0) = S(0, 0) - S(K, 0) = \frac{B_i}{2} A_i^b - \frac{(B_i - K)^2}{2B_i} A_i^b. (1.14)$$

С другой стороны выигрыш за счет выделения K единиц интервального кэш для i -й видеопрограммы можно определить как:

$$\begin{aligned} g(0, K) &= S(0, 0) - S(0, K) = \\ &= KA_i^e + \frac{B_i}{2} A_i^b - \frac{(L_i - r_i)^2 + (L_i - (q_i + 1)B_i)B_i}{2L_i} A_i^b. (1.15) \end{aligned}$$

Тем не менее, в реальном случае, прокси-сервер может выделить как префиксный кэш, так и интервальный кэш для видеопрограммы, так что вышеупомянутые функции выигрыша могут быть обобщены. Поскольку размер N буфера прокси-сервера, как правило, гораздо больше, чем размер каждого окна B_i , то пусть B_i будет единицей размещения в кэш. Поэтому, возможность выделения кэш для каждой видеопрограммы можно разделить на два случая в зависимости от размера префиксного: без префиксного кэш и с полным префиксным кэш. Другими словами, прокси-сервер может выделить либо 0, либо B_i единиц префиксного кэш (то есть, x_i может быть либо 0, либо B_i) и y_i единиц интервального кэш (будем считать, что y_i делится на B_i) для i -й видеопрограммы. Таким образом, выигрыш в производительности вышеупомянутых двух случаев можно резюмировать следующим образом:

- $g(0, y_i)$: В этом случае, прокси-сервер не выделяет префиксный кэш для этой видеопрограммы, так что выигрыш в производительности может быть получен только от функции выигрыша интервального кэширования. Так как y_i можно без остатка разделить на B_i , то

$$q_i = \frac{y_i}{B_i}, \quad r_i = 0, \quad K = y_i$$

Таким образом, функция выигрыша становится:

$$g(0, y_i) = y_i A_i^e + \frac{B_i}{2} A_i^b - \frac{B_i^2 + (L_i - ((y_i/B_i) + 1)B_i)B_i}{2L_i} A_i^b \quad (1.16)$$

И формула может быть упрощена:

$$g(0, y_i) = y_i A_i^e + \frac{y_i B_i}{2L_i} A_i^b \quad (1.17)$$

- $g(B_i, y_i)$: В этом случае, прокси-сервер выделяет префиксный кэш для хранения всего префикса i -го видео целиком, так что патч-поток не будет создан. Таким образом, теоретическая производительность этого интервального кэширования будет связана с тем, что необходимость в патч-потоках теперь отпадает. Тогда имеем:

$$S(B_i, y_i) = S(0, y_i) - S_p(0, y_i) = \frac{L_i}{B_i} + (L_i - y_i) A_i^e \quad (1.18)$$

Таким образом, функция выигрыша становится:

$$g(B_i, y_i) = S(0, 0) - S(B_i, y_i) = \frac{B_i}{2} A_i^b + y_i A_i^e \quad (1.19)$$

На основе вышеописанных случаев могут быть получены все возможные значения функции выигрыша $g(x_i, y_i)$.

Предположим, что прокси-сервер имеет N единиц буферного пространства, то есть полностью заполненный буфер не может превышать N . Размер префиксного кэш X_i не превышает размера окна B_i , а размер интервального кэш y_i не превышает продолжительности видео L_i . Таким

образом, оптимизированная версия задачи распределения кэш формально может быть описана как:

$$\text{максимум: } \sum_{i=1}^N g(x_i, y_i).$$

$$\text{при условии, что } \sum_{i=1}^N (x_i + y_i) \leq H, \text{ для } 0 \leq x_i \leq B_i \text{ и } 0 \leq y_i \leq L_i.$$

Это типовая задача оптимизации может быть решена с помощью алгоритма динамического программирования [6]. Резюмируем детали алгоритма следующим образом. Пусть $G(x, y, i)$ представляет собой максимальный выигрыш от выделения x единиц префиксного кэш и y единиц интервального кэш для первых i видеопрограмм ($1 < i < N$). Тогда, мы имеем:

$$G'(x, y, i) = \begin{cases} 0, & \text{если } i = 0 \\ \max\{G(x, y, i-1), G'(x, y, i)\}, & \text{если } 1 \leq i \leq N \end{cases},$$

где $G'(x, y, i)$ определяется как

$$G'(x, y, i) = \max_{v \in C_i} \{G(x - x_i, y - y_i, i-1) + g(x_i, y_i)\} \quad (1.20)$$

Кроме того, пусть $C_i = \{(x_i, y_i)\}$ множество возможных пар x_i и y_i которые удовлетворяют ограничению (10). Таким образом, возможно решить задачу распределения кэш через (11) и (12) рекурсивно. (При этом необходимо отметить, что чистое префиксное кэширование и чистое интервальное кэширование это два особых случая предлагаемой гибридной стратегии кэширования, где $x = 0$ и $y = 0$ соответственно).

Данная задача оптимизации может быть далее обобщена на случай, когда видео потоки имеют различные скорости передачи данных. Для получения этой обобщенной версии, необходимо нормализовать размер буфера, входной полосы пропускания и выигрыша производительности до байта, то есть, умножая скорость цифрового потока. Пусть скорость кодирования видео i -й программы будет r_i . Таким образом, фактическое буферное пространство, которое прокси-сервер выделяет для этого видео станет $r_i(x_i + y_i)$. Кроме того, значение $g(x_i, y_i)$, также должно быть пересмотрено следующим образом:

$$g(0, y_i) = r_i(y_i A_i^e + \frac{y_i B_i}{2L_i} A_i^b) \quad (1.21)$$

$$g(B_i, y_i) = r_i(\frac{B_i}{2} A_i^b + y_i A_i^e) \quad (1.22)$$

Тогда задача оптимизации может быть описана следующим образом:

$$\text{максимум: } \sum_{i=1}^N g(x_i, y_i)$$

$$\text{при условии, что } \sum_{i=1}^N r_i(x_i + y_i) \leq H, \text{ для } 0 \leq x_i \leq B_i \text{ и } 0 \leq y_i \leq L_i.$$

2 Экспериментальная часть

2.1 Модель организации услуги «Телевидение, сдвинутое во времени»

Основная черта архитектуры предоставления услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» - это дополнение существующей схемы предоставления услуг IPTV специализированным сервером и дата-центром. Основной принцип ее организации состоит в том, что подписчик имеет доступ на сервер, который хранит записанные телевизионные программы, как правило, вещание которых еще продолжается или недавно закончилось. Хранение большого архива телевизионных передач за более продолжительный период времени ведет к значительному росту серверных емкостей и к удорожанию стоимости реализации услуги. Модель типовой архитектуры организации услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» представлена на рисунке 2.1.

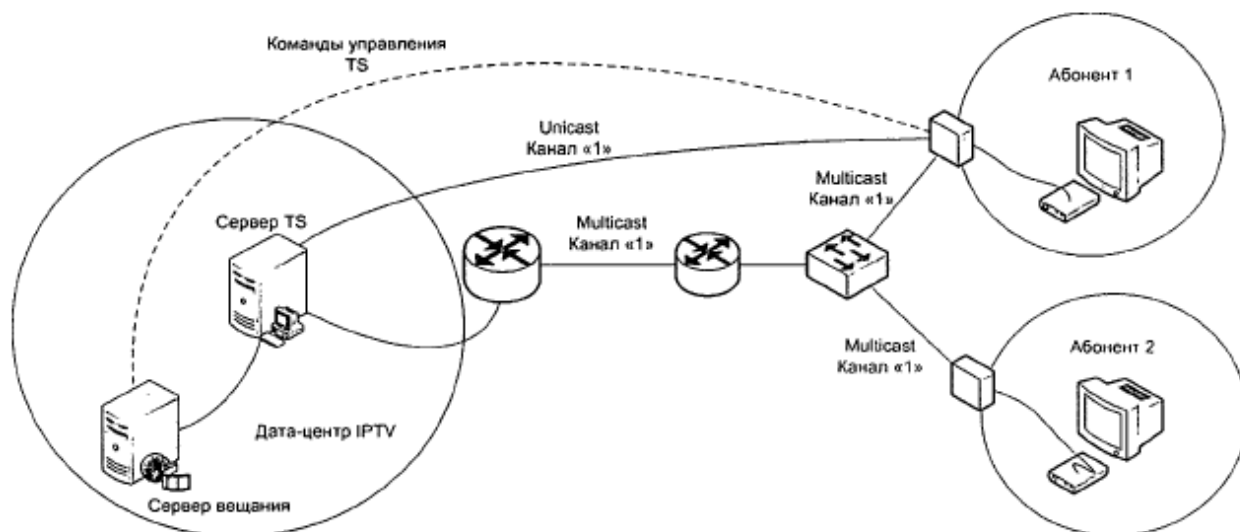


Рисунок 2.1- Модель архитектуры «Телевидение, сдвинутое по времени»

Данная услуга может предоставляться на той же сетевой инфраструктуре, что и телевизионное вещание по протоколу IP с использованием многоадресной рассылки.

Как следовательно на рисунке 2. 1 абонент «1» подписан на услугу «Телевидение, сдвинутое согласно времени», поэтому может получать одноадресные потоки канала «1» даже опосля окончания трансляции потока канала «1» в многоадресном режиме. Предоставление сервисы включает в себя переадресовывание многоадресного потока чрез спец сервер и дальше на телевизионную приставку абонента. Когда поток проходит чрез спец сервер

сервисы «Телевидение, сдвинутое согласно времени», он копируется на устройство сохранения инфы. Эта копия впоследствии доступна иным абонентским приставкам, которым разрешен доступ к «сдвинутым» версиям телепередач конкретного телеканала.

Сохранение сегментов потока на спец сервере также позволяет окончательным пользователям предоставить дополнительный функционал, такой как передышка, перемотка обратно и вперед. Принципиально отметить, что сервер «Телевидения, сдвинутого согласно времени» может не быть отдельной физиологической частью оснащения, а его функциональность может быть в отдельных конфигурациях составе непосредственно вещающего IP сервера, входящего в дата-центр IPTV, или быть распределена меж несколькими серверами. Окончательный пользователь «2» может только смотреть канал «1» в режиме настоящего времени и не может воспользоваться услугой «Телевидения, сдвинутого согласно времени», так как он не имеет подписки на этот сервис.

2.2 Статистические оценки моделирования IPTV

Для иллюстрации принципа кэширования был проведен ряд моделирований на фрагменте сети доступа АО «Казахтелеком».

Сеть передачи данных АО «Казахтелеком» имеет физическую и логическую топологию смежных колец, связывающих каналами передачи данных с использованием волоконно-оптических линий связи узлы доступа.

Всю сеть передачи данных АО «Казахтелеком» можно логически разделить на две части: городскую и областную. Каждая часть также имеет кольцевую топологию. Замыкание колец производится на центральном узле города Алматы.

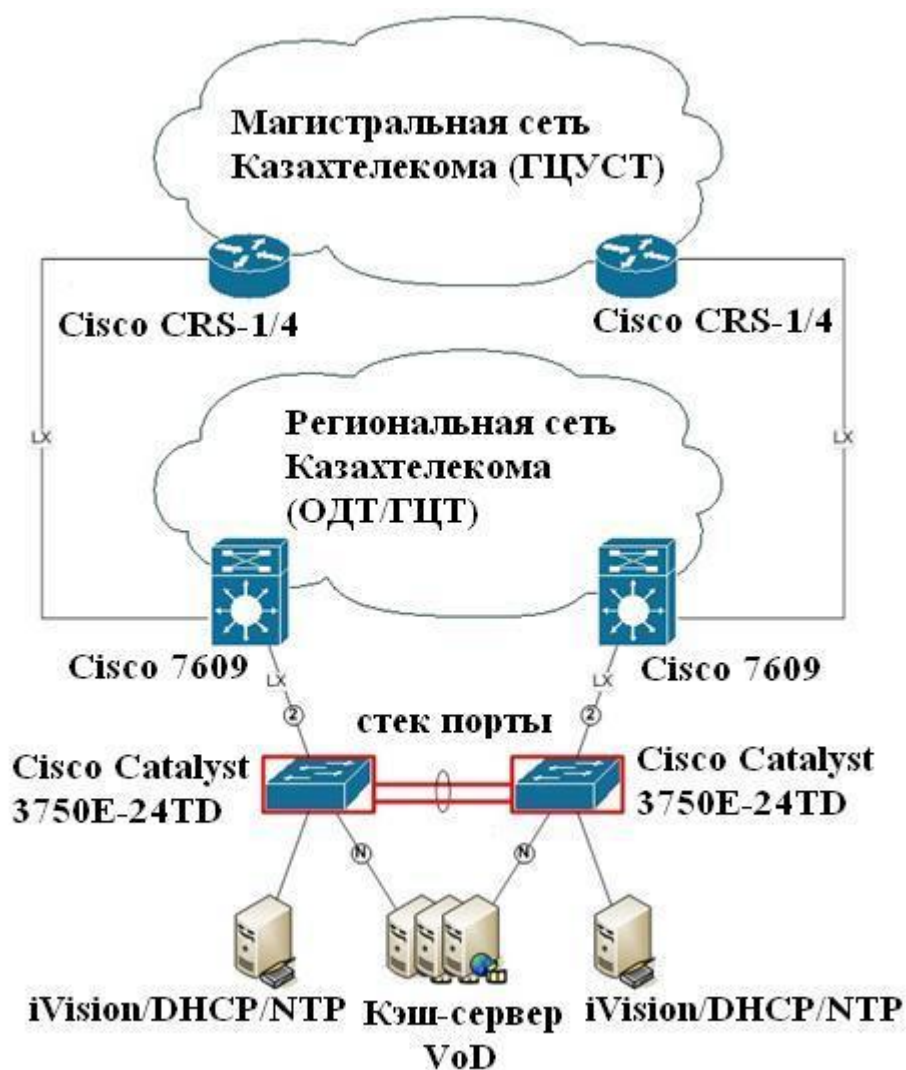


Рисунок 2.2 - Схема построения сети передачи данных в АО «Казахтелеком»

В целом, сеть передачи данных представлена круговой логической архитектурой из подмножества колец, построенной на технологиях Layer-3 модели OSI.

Технологии, применяемые в магистральной сети передачи данных, позволяют вводить новейшие сервисы, требовательные к пропускной способности и задержкам. Еще могут предоставляться сервисы L2 и L3 VPN за счет применения на магистральных узлах соответствующих линейных карт с нужным функционалом, и высокопроизводительных процессоров маршрутизации/коммутации [18].

В базе логической структуры сети филиала лежит модель CarrierEthernet, которая является логическим развитием базисной 3-х уровневой модели построения масштабных сетей Access-Distribution-Core:

- Степень доступа (Access Layer) может быть представлен различными технологиями, такими как: xDSL, Ethernet, WiFi, WiMax;

- Степень агрегации и распределения(DistributionLayer), построенный на интеллектуальных платформах Cisco 7609 - выполняет функции агрегации абонентских включений, и обеспечивает разные эластичные технологии транспортировки информационных потоков к устройствам терминирования трафика абонентов;

- Степень магистрали(CoreLayer)- представлен сделанной межрегиональной транспортной сетью связи, обеспечивающей высокопроизводительный отказоустойчивый транспорт меж сетями передачи данных филиалов.

Степень магистралитакже является единственной точкой включения к сети Интернет для всехфилиалов макрорегионального филиала АО «Казахтелеком». Для предоставления услуг широкополосного доступа к сети Интернет ипостроения VPN сетей при организации каналов, объединяющих конечное(клиентское)оснащение с узлом оператора по 2010 года принаравливались технологии семейства xDSL [34].

При этом суммарная монтированная емкость портовxDSL составляет в филиале ГЦТ «Алматытелеком» наиболее 47 000 единиц. В 2010-2011 годах филиалом была построена сеть доступа MetroEthernet с архитектурой Fibertothehome,предназначенная для удовлетворения перманентно растущего спроса навысокоскоростные тарифы на доступ к сети Интернет. Предоставленная сеть такжепредназначена для постепенной подмены сети доступа на складе технологийxDSL, в том числе сообразно фактору понижения телесных характеристикмедножильного кабеля, связанного с длительным порой егоэксплуатации. Общественная емкость сети составляет наиболее 38 000 портовFastEthernet, зона покрытия составляет наиболее 1000 спостроек. Сеть MetroEthernetразделена на четыре сегмента.

Все сегменты сети MetroEthernet имеют идентичную топологию«кольцо», при этом на узле доступа устанавливается коммутатор агрегацииуровня L3, имеющий радиальные соединения с пропускной способностью 1Гбит/секунду с внедрением волоконно-оптического кабеля скоммутаторами доступа уровня L2, расположенными в жилых домах, в вандало-защищенных металлических телекоммуникационных шкафах. Приэтом в нисходящий порткоммутатора агрегации включается не наиболее двухкоммутаторов доступа, а восходящий порт коммутатора агрегации подключен ввышестоящий маршрутизатор с внедрением интерфейса 10 GigabitEthernet. В среднем на три подъезда многоквартирного жилого строенияустанавливается один коммутатор доступа, а для понижения трудозатрат наподключение новейших абонентов предусмотрено внедрение распределительных коробок. Для соединения с оборудованием абонента используется кабель UTP пятой категории. В качестве клиентского оснащения пользователи услуг IPTV используюттелевизионные приставки EltexNV-100.

В качестве оснащения агрегации используются оснащение компании Cisco 7609 с портамиSFP. Данные коммутаторы выполнены на высокопроизводительном процессоре PowerPC и контроллерах ASIC.

Поддерживается аппаратная коммутация с пропускной способностью матрицы от 220 Гбит/с по 384 Гбит/с. Неблокируемая архитектура коммутатора обеспечивает высшую производительность и малые задержки пакетов хоть какого размера, что обеспечивает устойчивость работы критичных к задержкам прилавлений: глас, видео и данные сообразно IP. Все порты поддерживают коммутацию на скорости интерфейса для L2 и L3. Любой порт самостоятельно фильтрует и просматривает потоки разных прилавлений. Скорость передачи пакетов от 32 Мп/с по 120 Мп/с(Мп/с - миллионов пакетов в секунду). Коммутаторами предоставленной серии поддерживаются протоколы RIP, OSPF, BGP и статическая маршрутизация; DHCP сервер, DHCP Relay и продолжение VLAN - QinQ. Функции сообразно работе с широковещательным трафиком L3, поддерживаемые коммутатором: IGMPv1/v2/v3, PIM-DM, PIM-SM, помощь по ICL3 многоадресных групп; L2: IGMPv1/v2/v3, IGMP Polie, Fastleave, помощь по IK многоадресных групп; IGMP Proху.

В качестве коммутаторов доступа используются устройства компании Zухелсерии MES-3528. Коммутаторы MES-3528 использует целый комплект политик ACL проведения классификации данных и применения конкретных политик пересылки для всякого пакета на базе IP-адреса источника или назначения, MAC-адреса источника либо назначения, номер порта TCP /UDP протоколов, приоритет IP, временной диапазон и ToS. Политики ограничения многоадресных рассылок реализуют испытание портов отправителя и получателя, оберегая сеть и обеспечивая стабильную работу легитимных многоадресных прилавлений в сети. Для предоставления сервисы IPTV коммутаторы серии QSW-2800 поддерживают функции IGMP(v1-3) MLD snooping и MVR. В добавление к главному поддерживается дополнительный функционал –IGMP queerer, FastLeave, IGMP filter, Mrouteport. Для предоставления сервисы VOIP, коммутаторы MES-3528 поддерживают функцию voice-vlan. Поддерживается конфигурация OUI для эластичного включения VOIP оснащения различных производителей. Еще обеспечивается приоритезация трафика VOIP для качественного предоставления обслуживания.

Платформа предоставления мультимедийных услуг в АО «Казахтелеком» предусматривает обнаруживание пользователям, присоединенным к действующей мультисервисной сети филиала, услуг связи для целей кабельного вещания(снабжение возможности просмотра ТВ программ)и телематических услуг связи(сопутствующих услуг). Возможности существующей сети позволяют обеспечить(при условии установки дополнительного оснащения)подачу ТВ программ и разряд сопутствующих мультимедийных услуг. В пакет услуг входит: предоставление пользователям аудиовизуальной инфы, подключая доступ к телевизионным каналам, электронную програмку передач и видео сообразно требованию.

Для организации кабельного вещания телевизионных программ в числовой сети связи АО «Казахтелеком» в предусмотрена осуществление последующих технических решений:

- прием сигналов программ телевизионного вещания, транслируемых в г. Алматы;

- преобразования сигналов и подготовки программ(коммутация и отбор программ, шифрование, преобразование стандартов, перевод в цифровую форму);

- соединение оснащения преобразования сигналов и подготовки программ с оборудованием действующей сети, осуществляющей распространение(доставку)сигналов программ телевизионного вещания сообразно кабельной сети связи филиала.

Для этих целей на площадках строительства установлен соответствующий комплекс технических средств.

Платформа предоставления мультимедийных услуг в АО «Казахтелеком» реализуется путем приема ТВ программ; преобразования программ и их распространения. В качестве источника ТВ программ используется существующее антенно-фидерное устройство в составе широкополосной антенны метрового и дециметрового диапазонов волн. Сообразно этим измерений, проведенных филиалом АО «Казахтелеком», степень сигнала на выходе фидера соответствуеттребуемому для работы приемных устройств. Доставка телевизионного контента, кроме местных телеканалов, осуществляется через межрегиональную транспортную сеть в пакетном облике от ведущей станции, расположенной в городках Алматы и Астаны АО «Казахтелеком». На площадке филиала размещена серверная ферма, подключающий сервер для сохранения видео контента для пользователей услуг «Видео сообразно запросу».

Для проведения тестовых испытаний был выбран сегмент сети передачи данных АО «Казахтелеком» в городке Алматы, подключающий сеть доступа MetroEthernet охватывающую 79 жилых домов. Топология сети подобна описанной больше концепции построения сети MetroEthernetпредставлена на рисунке 2. 3.

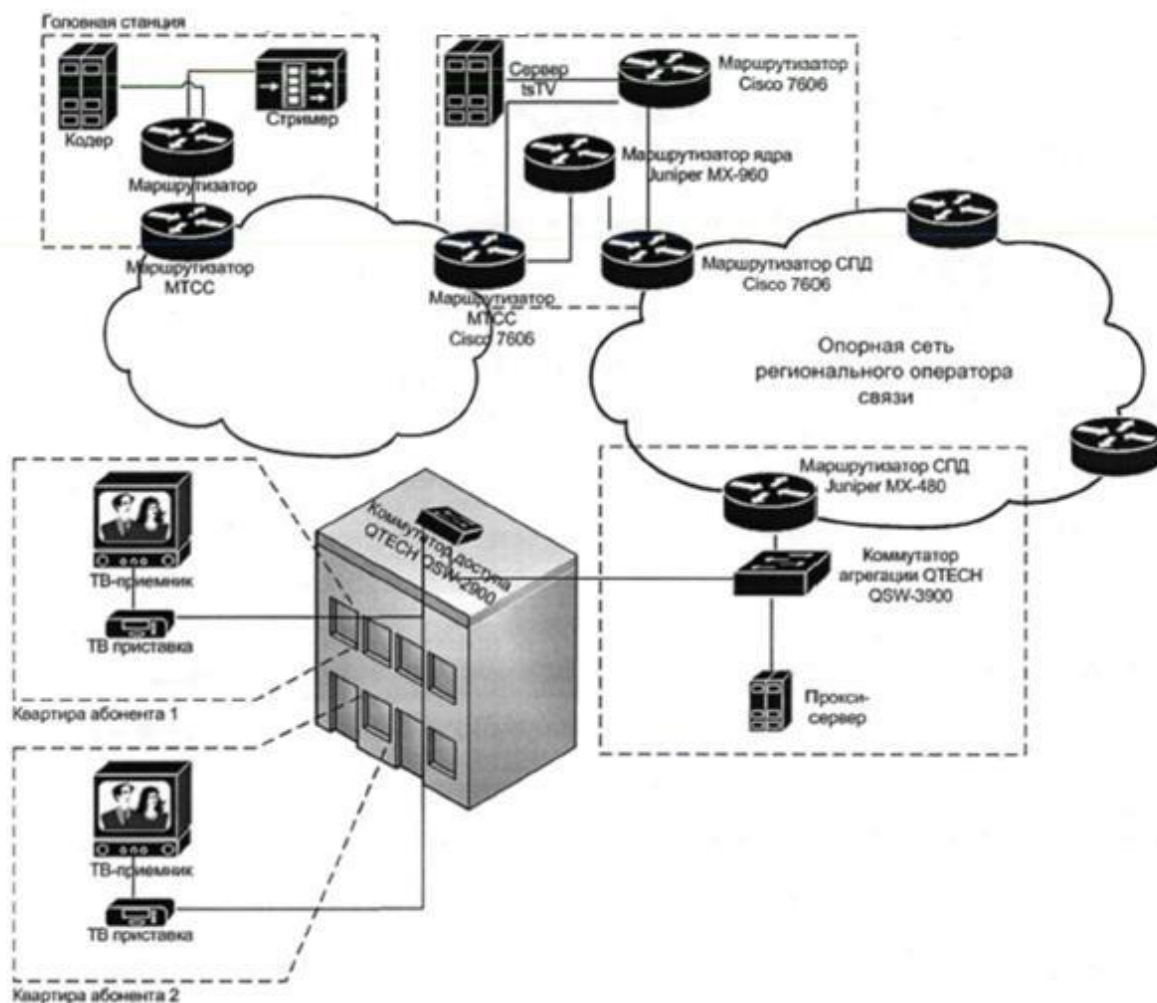


Рисунок 2.3 - Схема сегмента сети передачи данных

Для проведения тестовых испытаний и измерений был применен центральный сервер tsTV, готовый на центральном узле связи оператора, а также прокси-сервер на узле доступа. Для моделирования совместного кэширования второй прокси-сервер был расположен в той же локации сети доступа, что и 1-ый.

Использованные для проведения моделирования прокси-серверы аппаратно были представлены в облике серверов DEPOStorm 1350Q1 с центральным процессором Intel® Pentium™ G840(2-Cores, 2.80GHz, 5 GT/s, 3Mb), ОЗУ 4Gb DDR3-1333 SDRAM ECC(2DIMM/4), HDD 500GB SATA(7200rpm), материнской платой Intel® C204 и сетевой платой Intel Gigabit Server Adapter PTPCI-E. В качестве операционной системы был использован Linux. Кроме этого на прокси-сервер было установлено программное обеспечение RtspProху, окружающее в вольном доступе и разработанное на платформе ApacheMINA, построенное на JavaNIO. Дополнительный функционал для реализации алгоритма был разработан дополнительно на языке C++.

Примоделирования совместного кэширования стоимость применения связи меж центральным сервером и прокси-сервером была установлена одинаковой пяти вместо единицы. Таковым образом, центральный сервер не будет задействован, когда спрошенный сегмент уже разрешено найти на соседнем прокси-сервере(при расчете кратчайшего пути, употреблялся весовой алгоритм Дейкстры).

Центральный сервер предоставлял услугу «Телевидение, сдвинутое сообразно времени» для пяти телеканалов. Любой канал транслировал в течение только времени проведения тестирования(пять часов)пять телепрограмм сообразно шестьдесят минут любая с потоковой пропускной способностью 2,7-3,0 Мбит/с.

Популярность программ на канал подчиняется закону Ципфа с параметром $\beta=0,7$ (популярность i -ой сообразно популярности программки сообразно i^β). Это расположение часто используется для распространения контента и проведения измерений в области просмотра телевизионных программ, а бессчетные изучения подтверждают эту тенденцию.

В тестировании приняло участие сто пользователей сервисы. Сплошное количество запросов в ходе тестирования было одинаково тысячи. В ходе тестирования изменялся величина доступного дискового пространства на центральном сервере и прокси-сервере, в результате что менялось и количество запросов абонентов, обслуживаемое каждым из их. Обратим интерес, что смысла для этих входных параметров носят очень совместный характер, так как результаты, представленные ниже, зависят от числа телевизионных программ, их длительности и полосы пропускания.

Для проведения моделирования внедрения кэширующих стратегий для сервисы «Видео сообразно запросу» был применен больше изображенный сегмент сети АО «Казахтелеком». Использовалась система предоставления сервисы «Видео сообразно запросу», которая поддерживает шесть видеофильмов(512 килобит в секунду)с продолжительностью 120 минут любая($L_i = 120$ мин), испакетным окном в 10 минут($V_i = 10$ минут). Станем полагать, что вероятность доступа к видео подчиняется распределению Ципфа с фактором $\theta = 0,271$. Прокси-сервер с буферным пространством 225 мегабайт($H = 225$ Мб, время прохождения 60 мин)размещен на границе сети, чтобы перехватывать любой запрос клиента. Неоднородность достигается путем установки размера буфера клиента или одинаковой B ($B = 37,5$ МБ, время прохождения 10 мин)либо свежий. Заметим, что ежели величина буфера клиента более, чем B в настоящей системе, только B единиц клиентского буфера будет использоваться в предоставленной стратегии кэширования.

Допустим, что поступающие требования подчиняются распределению Пуассона со средним порой меж прибытием в 3,6 секунды. Крометого, любой запрос обязан быть удовлетворен без начальной задержки. Имитационное моделирование длилось в течение 8 часов, длятого чтобы наиболее тщательно исследовать величина входной полосы пропускания, которая используется прокси-сервером.

Для сопоставления был также смоделированы ситуации префиксного кэширования и интервального кэширования на прокси-сервере. Как упоминалось раньше, чистое префиксное кэширование и чистое интервальное кэширование - это 2 частных варианта предлагаемой гибридной стратегии кэширования, получаемые, когда $x = 0$ и $y = 0$, соответственно. Если будет использоваться чистое префиксное кэширование, то прокси-сервер выделяет 10 мин префиксного кэш для всякого видео, а при применении чистого интервального кэширования, прокси выделяется 60 мин интервального кэш для более фаворитных видео.

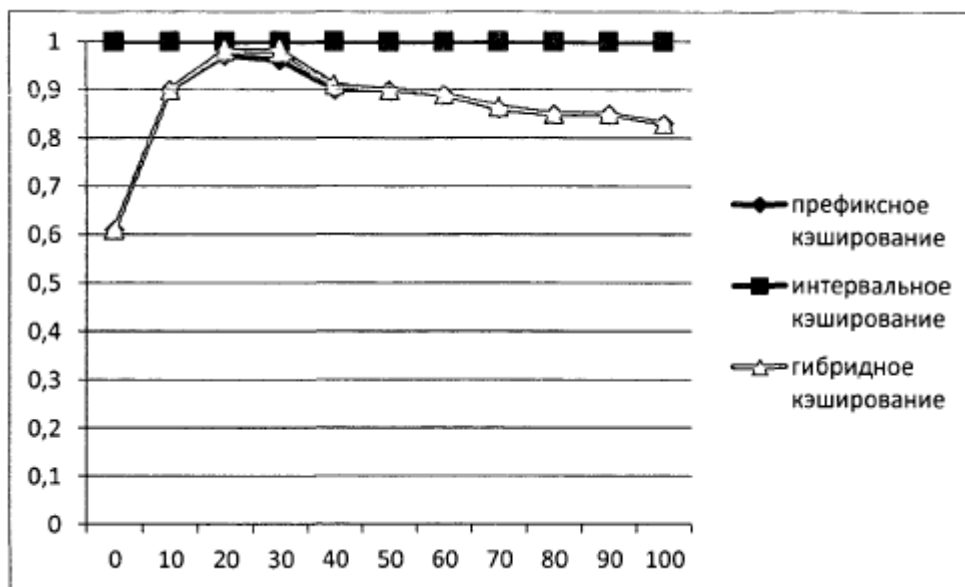


Рисунок 2.4 - Сравнение входной полосы пропускания для различных стратегий кэширования

Для сравнения производительности дадим определение «нормализованной пропускной способности», как отношение входной полосы при использовании текущей стратегии кэширования к максимальной входной полосе, используемой любой из стратегий кэширования.

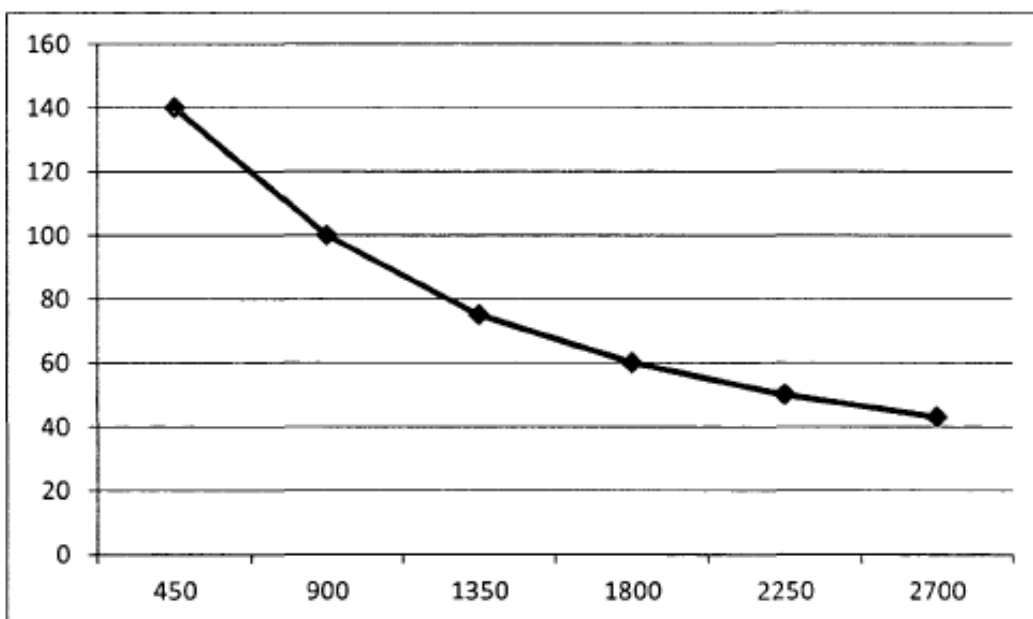


Рисунок 2.5 - Влияние размера буфера на загрузку сервера

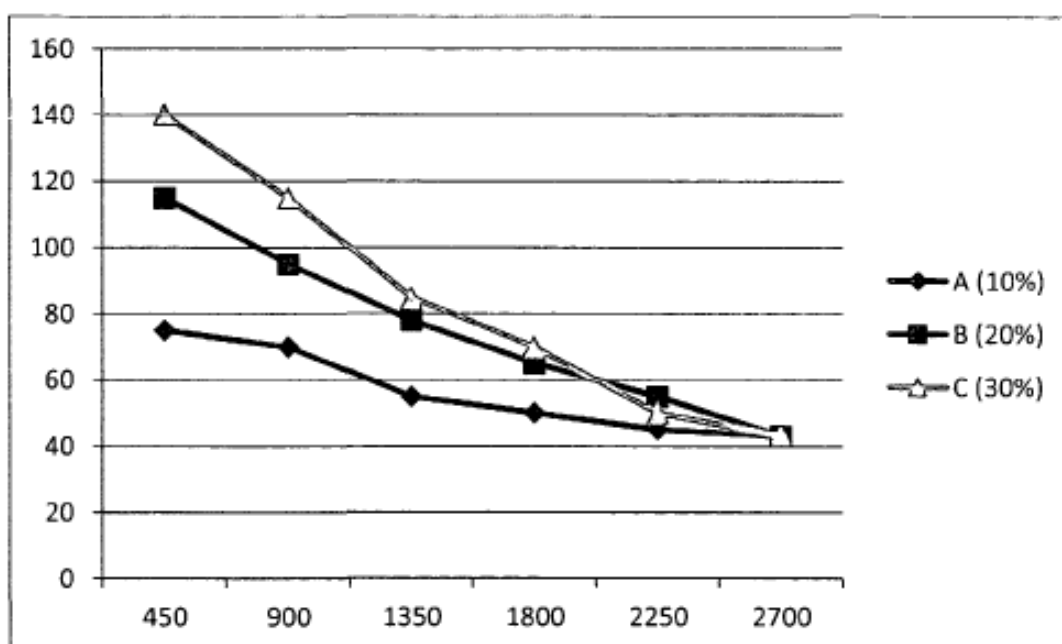


Рисунок 2.6 - Влияние размера буфера (практический результат)

Соотношение клиентов с ограниченным буфером изменяется при определении соответствующей пропускной способности, используемой этими стратегиями кэширования.

Рисунок 2.4 иллюстрирует результат моделирования. Если клиенты, в основном, имеют неограниченный буфер (например, все лишь несколько клиентов, испытывают недостаток буферного пространства), то большую

эффективность покажет использование чистого префиксного кэширования или предложенного гибридного кэширования, чем интервального, а если большинство клиентов имеют ограниченный буфер, то наиболее эффективным будет использование чистого интервального кэширования или гибридного кэширования.

На этом же рисунке показано, что гибридное кэширование всегда превосходит чистое префиксное и чистое интервальное кэширование, так как в гибридном кэшировании может применяться как префиксное, так и интервальное кэширование одновременно. То есть, если в основном клиенты с неограниченным буфером, то гибридное кэширование будет выделять большую часть своего буферного пространства в качестве префиксного кэш, таким образом, их кривые достаточно близки на графике, но если большинство клиентов с ограниченным буфером, то кривые гибридного кэширования и интервального кэширования будут примерно одинаковыми. Эти результаты показывают, что гибридное кэширование является эффективным для обслуживания разнородных абонентов и может быть использовано для повышения производительности прокси-серверов.

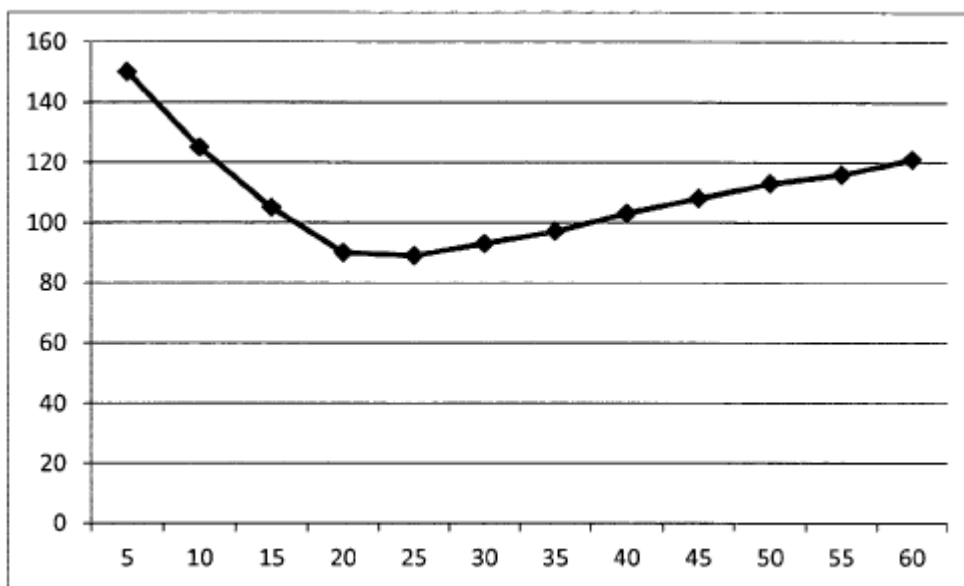


Рисунок 2.7 - Влияние размера окна B_i (аналитический результат)

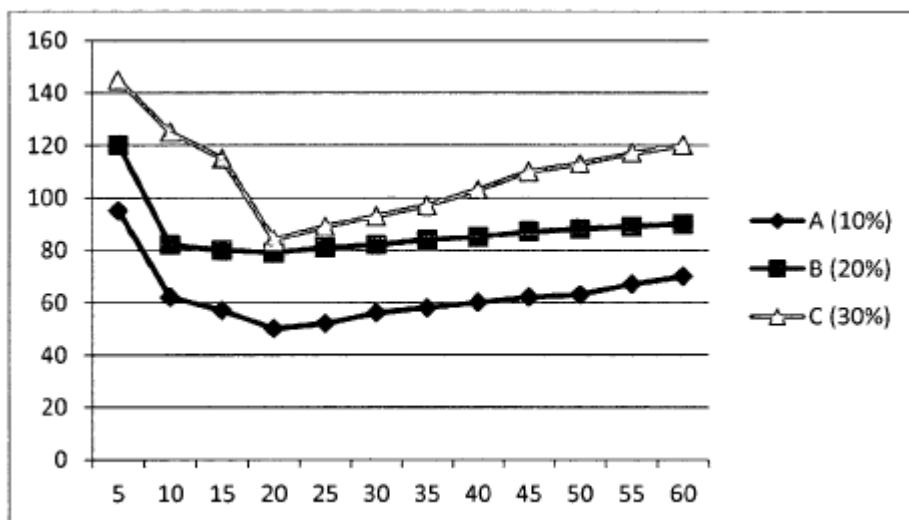


Рисунок 2.8 - Влияние размера окна В((практический результат)

Далее были проведены исследования по влиянию размера буфера Н на гибридное кэширование.

Положим, что размер буфера прокси-сервера Н варьируется от 450 Мб (120 мин) до 2700 Мб (720 мин). Остальные параметры остаются такими же, как и в предыдущем моделировании. Было смоделировано три услуги «Видео по запросу» - с десятью, двадцатью и тридцатью процентами клиентов с ограниченным буфером для оценки влияние Н. На рисунке 2.6 изображены входные полосы пропускания прокси- серверов этих услуг (А, В, С соответственно).

Этот график демонстрирует, что чем больше размер буфера, тем ниже входная полоса пропускания. Когда размер буфера составляет 2700 Мб, все видео может быть полностью кэшировано прокси-сервером, так что входная полоса достигает нижней границы. На графике также видно, что расширение буфера прокси-сервера является наиболее эффективным в случае С, что означает, что большие буферы прокси-серверов должны использоваться для предоставления услуги «Видео по запросу» при наличии высокой доли клиентов с ограниченным буфером. График на рисунке 2.5 иллюстрирует зависимость между размером буфера и полосой пропускания прокси-сервера, рассчитанную аналитически.

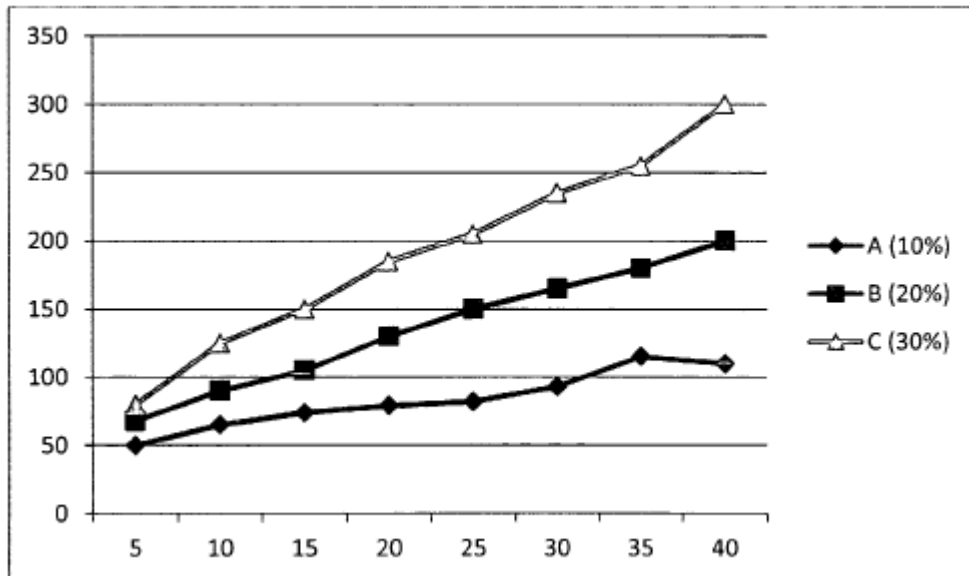


Рисунок 2.9 - Влияние частоты запросов (практический результат)

Кроме размера буфера H , размер пакетного окна V также является важным фактором в гибридном кэшировании.

Следующее проведенное испытание было сосредоточено на изучении влияния размера V пакетного окна. При проведении испытания был установлен размер буфера прокси-сервера H в 900 Мб (240 мин), а размер пакетного окна V каждого видеоизменялся от 5 до 60 минут, при этом остальные параметры были установлены такими же, как и в предыдущем моделировании.

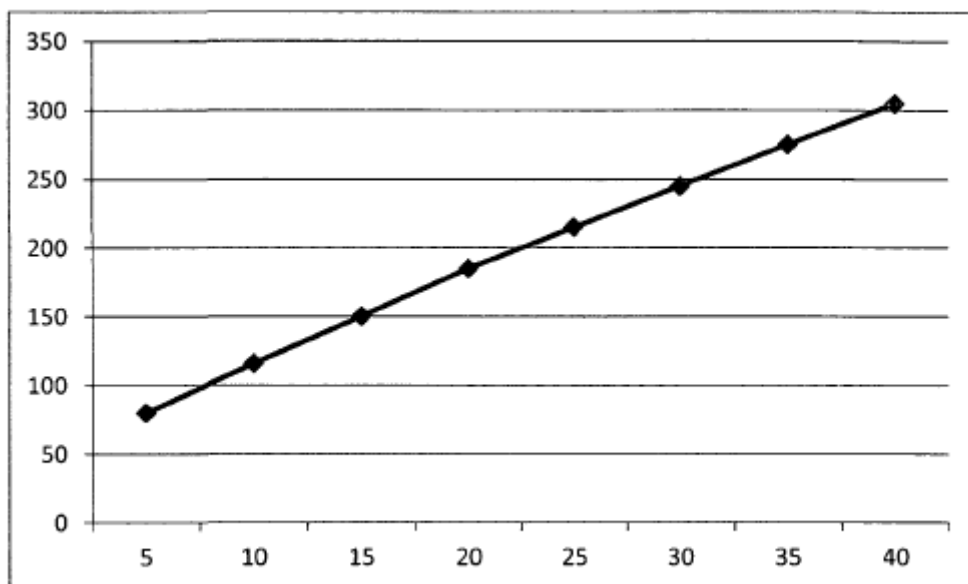


Рисунок 2.10 - Влияние частоты запросов (аналитический результат)

График 2. 8 показывает, входную полосу пропускания прокси-серверов в трех вариантах А, В, С и из него следовательно, что более благоприятное смысл Вi составляет 10-20 мин. Ежели Вi очень не достаточно, то значительно возрастает потребность в запланированных потоках. Тем не наименее, Вi не обязано быть очень огромным, потому что Вi является штукой предложенного алгоритма распределения кэш прокси-сервера.

Иным вероятным усовершенствованием может быть дозволение того, что единица распределения кэш будет не в такой мере, чем величина пакетного окна. Схожая трансформация может улучшить внедрение буфера, но, это приведет к усложнению алгоритма распределения кэш.

На рисунке 2. 7 проиллюстрирована аналитическая зависимость меж входной полосой пропускания прокси-сервера и размером окна(расчет велся для варианта, при котором тридцать процентов пользователей имели глупый буфер).

Время эксперимента менялось от 5 по 60 минут, при этом остальные параметры были установлены такими же, как и в прошлом моделировании.

Еще было изучено воздействие частоты запросов А, в каком месте $A = A_b + A_e$. В трех испытаниях величина буфера прокси-сервера был установлен в 900 Мб(240 мин), 1350 МВ(360 мин)и 1800 МБ(480 мин). Величина окна Вi каждого видео был установлен в 10 минут, а общественная частота запросов А усиливалась с 5 по 40 запросов в минуту. Остальные параметры оставались такими же, как и в прошлом моделировании.

Результаты моделирования представлены на рисунке 2. 9, на котором изображена входящая полоска пропускания, запрошенная прокси-серверами. Как иллюстрирует график, наиболее высочайшая частота запросов вызывает наиболее высшую входящую пропускную способность. Аналитическая зависимость воздействия частоты запросов на загрузку полосы пропускания представлена на рисунке 2. 10(расчет велся для варианта, когда тридцать процентов пользователей имеют глупый буфер).

2. 3 Сравнительный анализ данных моделирования и аналитических результатов

Во второй голове была представлена аналитическая модель сервисы «Телевидение, сдвинутое сообразно времени», которая показала зависимость загрузки сервера от размера кэшируемого сегмента.

Набросок 2. 11 показывает загрузку сервера для разных значений размера кэшируемого сегмента. Ежели популярность контента только медленно убывает(к примеру, на 10 процентов опосля всякого интервала, $b = -\ln(0.9)/\Delta$), перегрузка на сервер не может быть значительна снижена. Когда популярность снижается вдвое опосля всякого интервала Δ ($b = -\ln(0.5)/\Delta$), нагрузка на сервер уменьшается вдвое, когда величина сегмента составляет Δ . Это разрешено описать как:

$$1 - h_l = \frac{1^\alpha}{2}, \text{ если } X = \alpha\Delta.$$

На графике, представленном на рисунке 2.12 продемонстрированы результаты проведенного моделирования в случае автономного кэширования (АК) и совместного кэширования (СК).

В ходе проведения тестовых испытаний на первом этапе на узле агрегации был установлен прокси-сервер, а на втором два прокси-сервера для организации их совместной работы. Последовательно изменялось доступное дисковое пространство на прокси-серверах от нуля до двух гигабайт. Одновременно с изменением дискового пространства на прокси-серверах производились измерения загрузки центрального сервера услуги, расположенного на центральном узле связи и прокси-серверов.

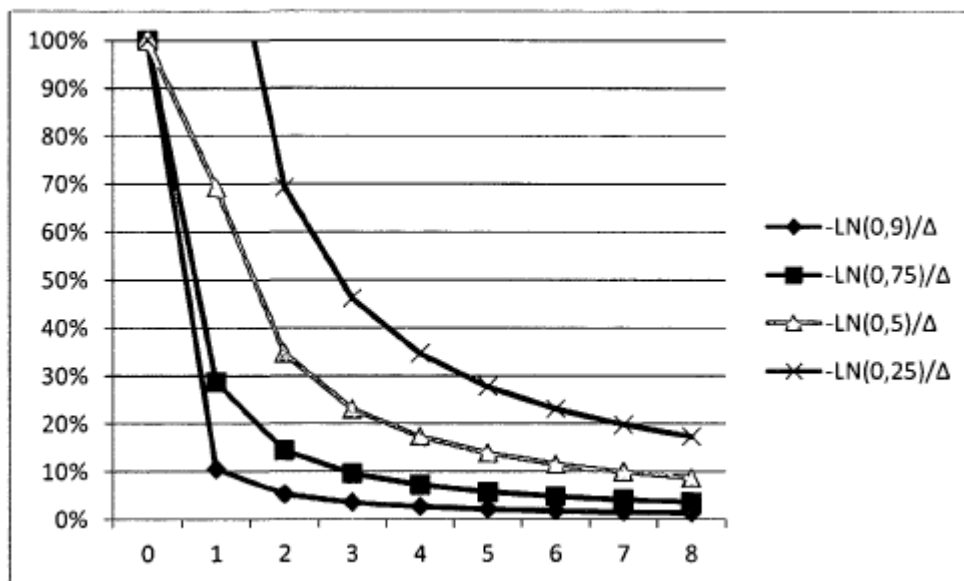


Рисунок 2.11 – Загрузка сервера при различных значениях размера сегмента

Испытания показали, что уже при размере дискового пространства прокси-сервера в половину гигабайта нагрузка на центральный сервер услуги уменьшается вдвое. При увеличении дискового пространства до одного гигабайта, как видно из графика, загрузка центрального сервера услуги уже значительно снижена.

Когда оба объема кэша ограничены до 0,5 Гб (область S: 25 минут), нагрузка на сервер уже гораздо ниже, а кэш обслуживает большинство tsTV запросов. Кэш 1 (ближайший к серверу) и кэш 2 сначала сохраняют все пятиминутные префиксы каждой новой программы, но как только кэш 2 получает новые запросы, то кэш 1 удалит эти сегменты по прошествии времени Δ . Затем кэш 1 будет сохранять следующие 5 минут каждой программы, в то время как кэш 2 хранит скользящее "заполненное" окно из первого интервала. Это означает, что кэш будет обслуживать все запросы, сделанные в течении первых пяти минут каждой отдельной программы.

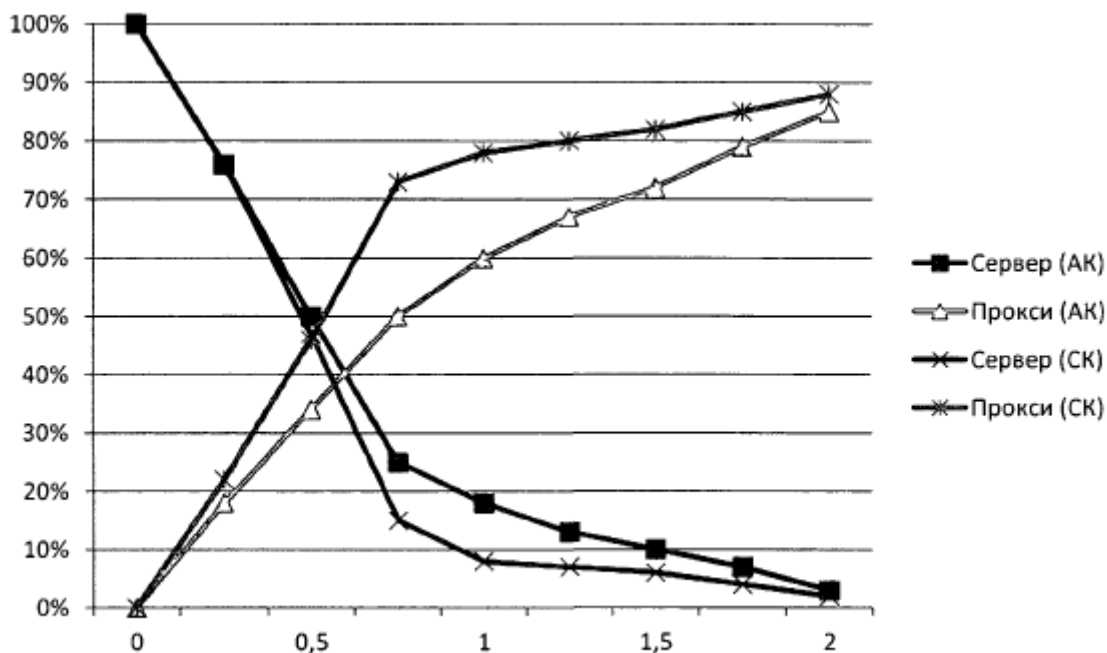


Рисунок 2.12 – Зависимость количества обслуженных запросов от размера кэш

В ходе проведения моделирования также измерялась загрузка канала передачи данных на участке: узел агрегации – Центральный узел связи (на котором расположен сервер tsTV). Измерения производились при помощи утилиты Iperf, причем, измерялся только трафик услуги «Телевидение, сдвинутое по времени». Измерения проводились в три этапа: без использования прокси-серверов, с использованием одного прокси-сервера и с использованием двух прокси-серверов в режиме совместного кэширования.

В результате измерений (рисунок 2.13) было выявлено, что использование прокси-сервера позволяет разгрузить магистральную сеть передачи данных на участке: узел агрегации - узел установки центрального сервера tsTV в среднем в более чем в пять раз.

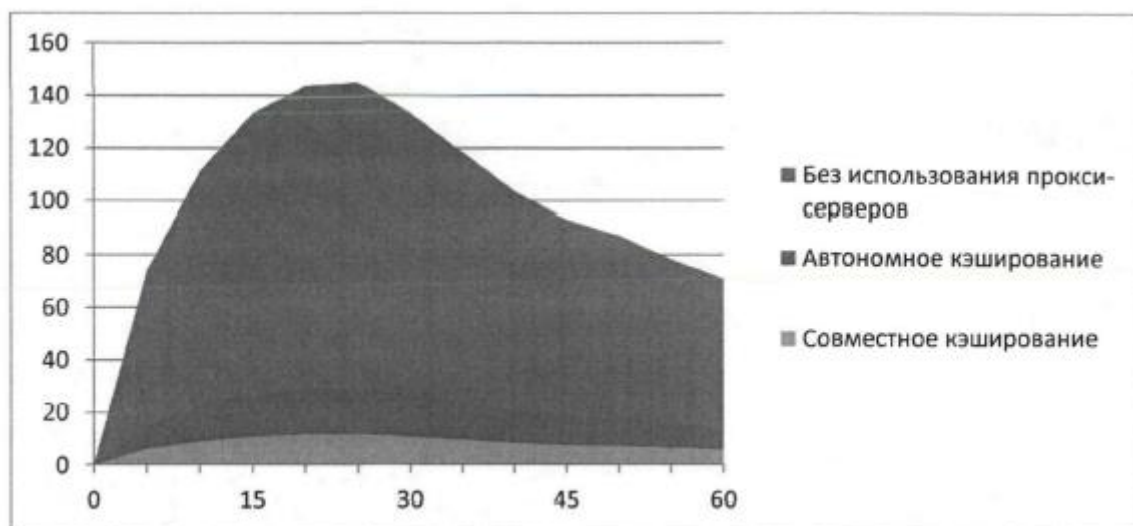


Рисунок 2.13 - Изменение нагрузки канала связи между узлом агрегации и центральным узлом связи

Таким образом, проведенные на сегменте региональной сети передачиданных тестовые испытания показали, что в случае введения прокси-серверов для кэширования отдельных сегментов видеоконтента услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» позволяет как снизить загрузку центрального сервера услуги, так и канала передачи данных между сетью доступа и магистральной сетью провайдера.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет уровня ADSL

Проблема уровня ADSL является одним из широко распространенным вопросом для предоставления услуг IPTV.

Одной из первых проблем, связанная с услугами TVoDSL (Television over Digital Subscriber Line), ограничения по полосе передачи цифровой информации, которые имеет ADSL для каждого пользователя. Здесь следует учесть, что каждый STB, размещаемый в доме пользователя, требует полосы 5-6 Мбит/с. Принципиально можно ограничиться одним STB на дом, но тогда все телевизоры в доме будут показывать один канал. Уже сейчас во многих домах используется несколько телевизоров, в среднем - 2-3. В таком случае на дом необходимы 3 STB и полоса передачи более 15-18 Мбит/с.

Вторая потенциальная проблема связана с фактором нестабильности скорости в канале ADSL. В случае внешних воздействий на абонентскую пару, технология ADSL подстраивает скорость передачи данных. Даже при использовании адаптивных алгоритмов SRA, исключающих факты перезагрузки модема, скорость передачи данных в ADSL не может быть постоянной. В то же время при анализе стандартов IPTV передача информации в стандарте MPEG требует постоянного канала передачи.

Услуга мультивещания занимает фиксированную емкость звена сети в независимости от числа обслуживаемых пользователей, что позволяет значительно экономить сетевые ресурсы. Мультивещание (multicasting) является, как ранее уже было описано одной из составляющих пакетной услуги TriplePlay, включающей передачу данных, речи и видео, а одним из наиболее актуальных примеров использования мультивещания является передача трафика вещательного телевидения по IP сетям. Кроме того, мультивещание применяется в ряде других приложений, в том числе, при организации видеоконференций, дистанционного обучения, рассылке корпоративной информации, сетевых играх и прочее.

Ниже произведен расчет степени использования канала для предоставления мультивещательных услуг и для контроля параметров уровня ADSL расчет трафика для IPTV.

3.2 Расчет трафика для услуг IPTV

Расчет проводится для абонентов услуги ID-TV от АО «Алматытелеком». Число абонентов пользующихся услугой IPTV, на конец 2014 года составил 60 357 ед., абонентов широкополосного доступа более 180 547 ед. К 2015 году число абонентов пользующихся услугой IPTV составит 80000, абонентов широкополосного доступа порядка 20 0000 ед.

3.2.1 Трафик ПД

Для абонентов доступа по технологии xDSL сложившиеся среднестатистические требования по полосе пропускания для услуги IPTV равны 384 Кбит/с. Для абонентов xDSL скорость доступа зависит от расстояния доступа, пока опустим этот поправочный коэффициент и предположим, что качество линий позволит иметь всем абонентам предполагаемую среднестатистическую скорость в 384 Кбит/с. В одно и то же время в режиме он-лайн максимально находится 40% абонентов (по сложившейся реальной статистике). Таким образом, мы можем рассчитать требования абонентов xDSL по полосе пропускания следующим образом:

На сегодняшний день:

Абонентов технологии xDSL на сети всего – 14 147.

Абонентов он-лайн – 40%.

Абонентов одновременно посылающих/принимающих трафик – 20%.

Создаваемая нагрузка:

$$14147 \cdot 384 \text{ Кбит/с} \cdot 0.4 \cdot 0.2 = 434.6 \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая загрузка:

$$434.6 \text{ Мбит/с} \cdot 1.33 = 578 \text{ Мбит/с.}$$

Расчет для 180547 пользователей ШПД (количество пользователей, наконец 2014 года):

Абонентов он-лайн – 40%.

Создаваемая нагрузка:

$$180547 \cdot 384 \text{ Кбит/с} \cdot 0.4 \cdot 0.2 = 5697.64 \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая нагрузка:

$$5697.64 \text{ Мб/с} \cdot 1.33 = 7577.86 \text{ Мбит/с.}$$

Накладные расходы IP (PPP, ATM, служебный трафик) трафика - 20%.

Нагрузка общая по xDSL подключениям:

$$7577.86 \text{ Мбит/с} \cdot 1.2 = 9093.43 \text{ Мбит/с.}$$

Полоса пропускания широкополосного доступа для 180547 абонентов принимает значение – 0.909 Гбит/с.

Расчет для 200000 пользователей ШПД (количество пользователей к 2015 году):

Абонентов он-лайн – 40%.

Создаваемая нагрузка:

$$200000 \cdot 384 \text{ Кбит/с} \cdot 0.4 \cdot 0.2 = 6144 \text{ Мбит/с.}$$

Пиковая нагрузка:

$$6144 \text{ Мбит/с} \cdot 1.33 = 817.152 \text{ Мбит/с.}$$

Накладные расходы IP (PPP, ATM, служебный трафик) трафика - 20%.

Нагрузка общая по xDSL подключениям:

$$817.152 \text{ Мбит/с} \cdot 1.2 = 980.58 \text{ Мбит/с.}$$

Полоса пропускания широкополосного доступа для 200000 абонентов принимает значение – 0.981 Гбит/с.

3.2.2 Речевой трафик

Речевой трафик представляет собой сквозную услугу. При данном виде трафика один узел (или абонент) соединяется в сквозном режиме с другим узлом. За отправную точку возьмем стандартные 64 Кбит/с (кодек G.711, занимаемая полоса 84.8 кбит/с) для каждого потока голосового трафика. При одновременном разговоре количество абонентов – 180547 к концу 2014 году и 200000 к 2015 году. В результате, получим требования к пропускной способности:

Расчет на 180547 абонентов:

$$180547 \cdot 84.8 \text{ Кбит/с} = 15.310 \text{ Гбит/с.}$$

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для данной нагрузки:

$$0.509 \cdot 1.25 = 1.947 \text{ Гбит/с,}$$

где 1.25 – коэффициент использования ресурса.

Введем поправочный коэффициент, используемый при расчетах коммутации – 0.15 Эрланг.

$$1.947 \text{ Гбит/с} \cdot 0.15 = 0.295 \text{ Гбит/с.}$$

Полоса пропускания для речевого трафика для 18547 абонентов, таким образом, принимает значение – 0.295 Гбит/с.

Расчет на 20000 абонентов:

$$20000 \cdot 84.8 \text{ Кбит/с} = 1.696 \text{ Гбит/с.}$$

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для данной нагрузки:

$$1.696 \cdot 1.25 = 2.12 \text{ Гбит/с,}$$

где 1.25 – коэффициент использования ресурса.

Введем поправочный коэффициент, используемый при расчетах коммутации – 0.15 Эрланг.

$$2.12 \text{ Гбит/с} \cdot 0.15 = 0.318 \text{ Гбит/с.}$$

Полоса пропускания для речевого трафика для 20000 абонентов, таким образом, принимает значение – 0.318 Гбит/с.

3.2.3 Видео трафик

Предположим, что на первое время необходимо будет 30 потоков цифрового MPEG-2 телевидения по 3.75 Мбит/с (плюс 10% запаса на пики сигнала). Мы предполагаем, что данные потоки проходят через все кольцо несущей сети, тогда требования по полосе пропускания будут:

$$3.75 \cdot 1.1 \text{ (10\% на пике сигнала)} = 4.125 \text{ Мбит/с.}$$

$$30 \cdot 4.125 = 123.75 \text{ Мбит/с или } 0.124 \text{ Гбит/с.}$$

Video-On-Demand (видео по запросу):

Число пользователей видео сервиса – 10% от числа ADSL подписчиков

Число пользователей видео по запросу – 10-20% от общего числа пользователей видео сервиса, возьмем среднее значение – 15%

Берем MPEG-2 – 6 Мбит/с (IPTV будет занимать 18Мбит/с).

Полоса пропускания для 60357 абонентов ШПД:

$$60357 \cdot 0.1 \cdot 0.15 \cdot 6 \text{ Мбит/с} = 5432.13 \text{ Мбит/с.}$$

Суммарный видео трафик:

$$0.124 + 5.432 = 5.556 \text{ Гбит/с.}$$

Полоса пропускания для видео трафика для 60357 абонентов, таким образом, принимает значение – 5.556 Гбит/с.

Полоса пропускания для 8000 абонентов ШПД:

$$80000 \cdot 0.1 \cdot 0.15 \cdot 4.125 \text{ Мбит/с} = 4950 \text{ Мбит/с.}$$

Суммарный видео трафик:

$$0.124 + 4.95 = 5.074 \text{ Гбит/с.}$$

Полоса пропускания для видео трафика для 8000 абонентов, таким образом, принимает значение – 5.074 Гбит/с.

Л2

Подводя итог, находим суммарный трафик:

I этап: 60357 абонентов услуги IPTV, 180547 абонентов широкополосного доступа.

$$0.909 \text{ Гбит/с} + 0.295 \text{ Гбит/с} + 5.556 \text{ Гбит/с} = 6.76 \text{ Гбит/с.}$$

II этап: 80000 абонентов IPTV, 200000 абонентов широкополосного доступа

$$0.981 \text{ Гбит/с} + 0.318 \text{ Гбит/с} + 5.074 \text{ Гбит/с} = 6.373 \text{ Гбит/с.}$$

В MathCAD были произведены расчеты для различного количества абонентов, скорости передачи и построены следующие зависимости:

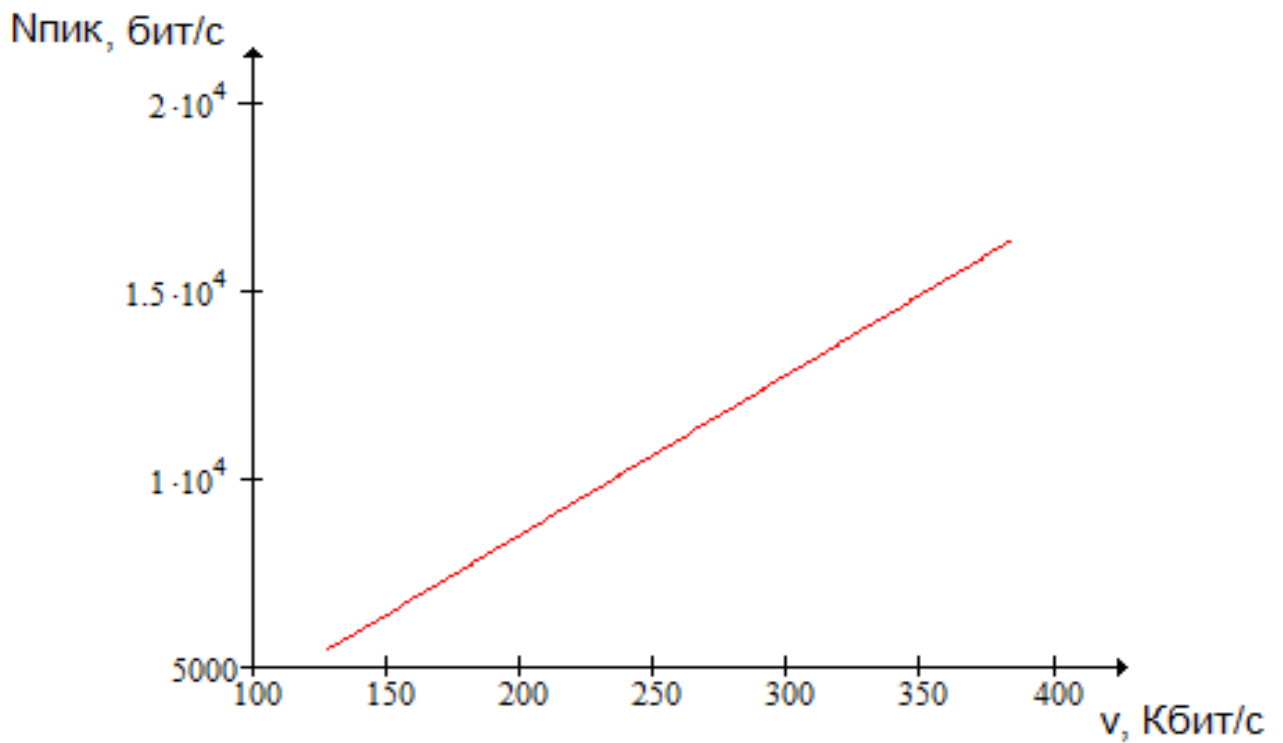


Рисунок 3.1 - Зависимость пиковой нагрузки, технологии xDSL, от скорости передачи

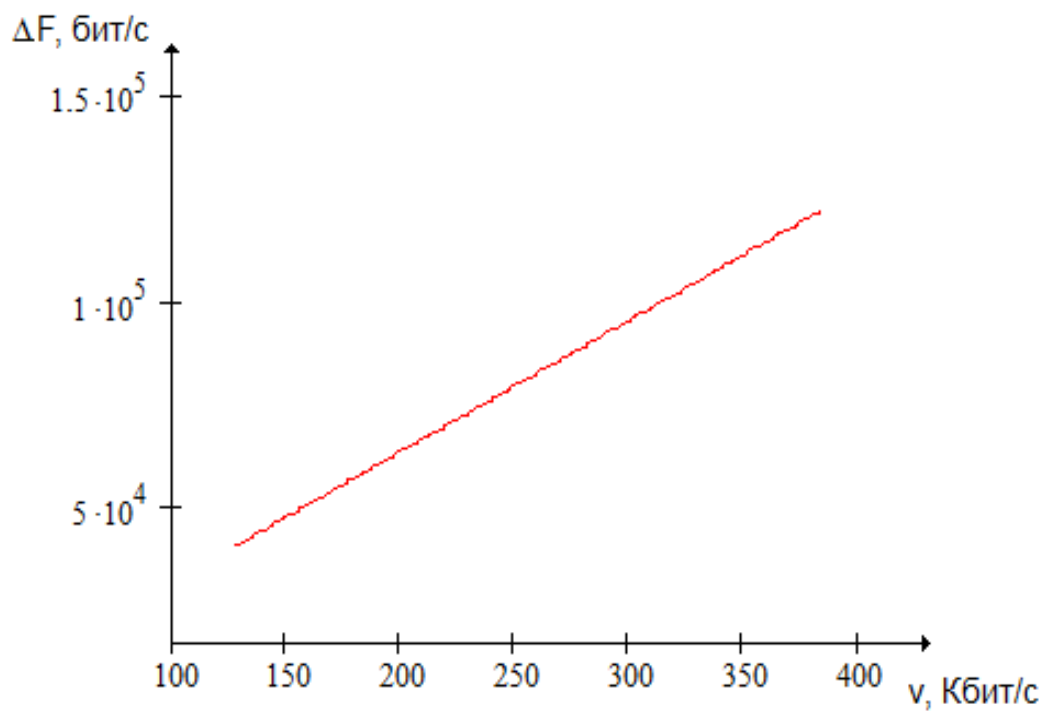


Рисунок 3.2 - Зависимость полосы пропускания ШПД от скорости передачи

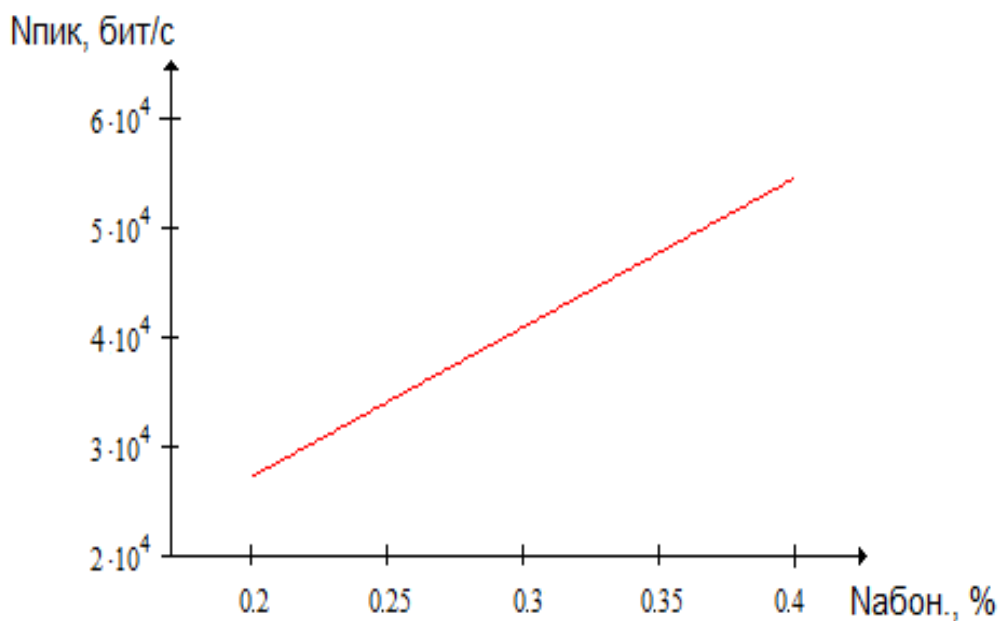


Рисунок 3.3 - Зависимость пиковой нагрузки, технологии xDSL, от количества абонентов он-лайн

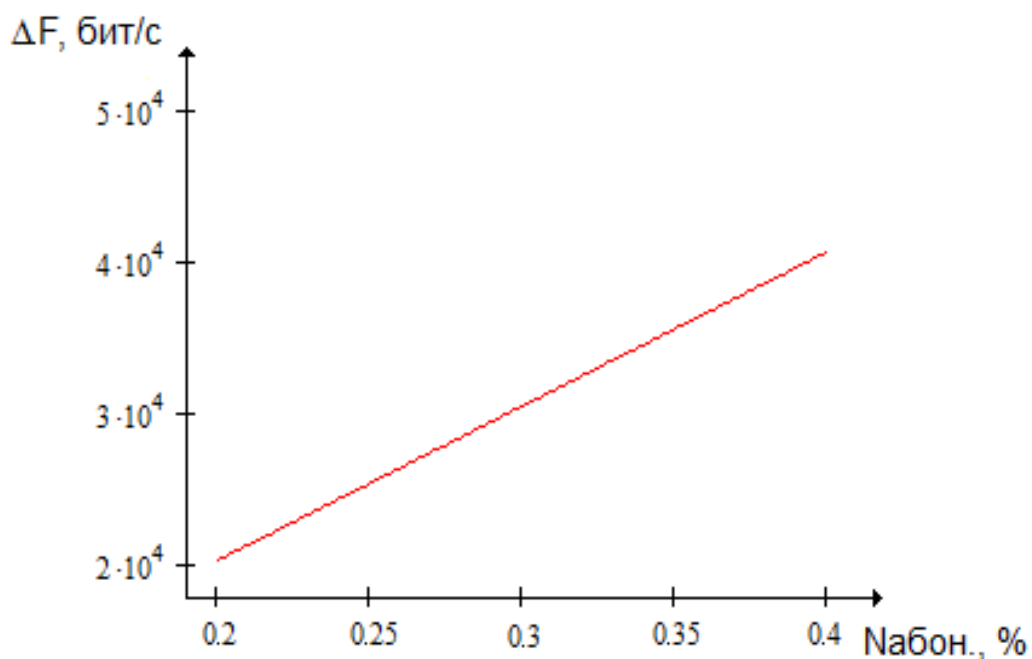


Рисунок 3.4 - Зависимость полосы пропускания ШПД от количества абонентов он-лайн

Анализируя полученные зависимости, можно сделать следующие выводы: при увеличении количества абонентов происходит увеличение пиковой нагрузки и полосы пропускания. Следовательно, при достижении рассчитанной нами предельной полосы пропускания, возникнет необходимость в дополнительных каналах, которые можно обеспечить установкой дополнительных ADSL портами.

Для расчета трафика в IP сети была разработана программа на языке «Borland Delphi7», пример которой приведен в приложении А.

Листинг программы представлен в приложении Б.

3.3 Расчет степени использования канала

Исходные данные:

Минимальная длина информационной части пакета: L_{\min}	500
Максимальная длина информационной части пакета: L_{\max}	10000
Длина служебной информации в кадре: $L_{\text{сл}}$, байт.....	20
Информационная часть кадра: $L_{\text{инф}}$, байт.....	48
Скорость передачи информации: q , Мбит/сек.....	100
Времяпередачи: t , час.....	0.05
Скорость обмена информации в канале: V , Мбит/сек.....	600
Полоса пропускания для обеспечения оптимального качества: F , Кбит/сек...8	

Объем передаваемой информации Q , бит, вычисляется по формуле

$$Q = \frac{q}{F_{\text{проп}}} \cdot t \cdot 3600. \quad (3.1)$$

Подставляя значения в формулу (3.1) получим:

$$Q = \frac{q}{F_{\text{проп}}} \cdot t \cdot 3600 = \frac{100 \cdot 10^6}{8 \cdot 10^3} \cdot 0,05 \cdot 3600 = 2,25 \cdot 10^6 \text{ бит.}$$

Общая длина кадра $L_{\text{кадра}}$, байт, вычисляется по формуле

$$L_{\text{кадра}} = L_{\text{инф}} + L_{\text{сл}}. \quad (3.2)$$

Подставляя значения в формулу (3.2) получим:

$$L_{\text{кадра}} = L_{\text{инф}} + L_{\text{сл}} = 48 + 20 = 68 \text{ байт.}$$

Число передаваемых кадров $N_{\text{кадров}}$, кадров/день вычисляется по формуле

$$N_{\text{кадров}} = \left(\frac{Q}{L_{\text{ккад}}} \right) + 1. \quad (3.3)$$

Подставляя значения в формулу (3.3) получим:

$$N_{\text{кадров}} = \left(\frac{Q}{L_{\text{ккад}}} \right) + 1 = \frac{2,25 \cdot 10^6}{68} + 1 = 33089 \text{ кадров/день.}$$

Скорость поступления кадров V , кадров/сек, вычисляется по формуле

$$V = \frac{N_{\text{кадров}}}{T}. \quad (3.4)$$

Подставляя значения в формулу (3.4) получим:

$$V = \frac{N_{\text{кадров}}}{T} = \frac{33089}{0,05 \cdot 3600} = 183,829 \text{ кадров/сек.}$$

Постоянная скорость $V_{\text{пост}}$, кадров/сек, вычисляется по формуле

$$V_{\text{пост}} = \frac{V}{N_{\text{комп}}}. \quad (3.5)$$

Подставляя значения в формулу (3.5) получим:

$$V_{\text{пост}} = \frac{V}{N_{\text{комп}}} = \frac{183,829}{20} = 9,191 \text{ кадров/сек.}$$

Время обслуживания одного кадра $t_{\text{обсл}}$, сек, вычисляется по формуле

$$t_{\text{обсл}} = \frac{L_{\text{кадра}}}{V_{\text{канала}}}. \quad (3.6)$$

Подставляя значения в формулу (3.6) получим:

$$t_{обсл} = \frac{L_{кадра}}{V_{канала}} = \frac{68}{600 \cdot 10^6} = 1,133 \cdot 10^{-7} \text{ сек.}$$

Скорость обслуживания $V_{обсл}$, Мбит/с, вычисляется по формуле

$$V_{обсл} = \frac{1}{t_{обсл}}. \quad (3.7)$$

Подставляя значения в формулу (3.7) получим:

$$V_{обсл} = \frac{1}{t_{обсл}} = \frac{1}{1,133 \cdot 10^{-7}} = 8,824 \cdot 10^6 \text{ Мбит/с.}$$

Степень использования канала связи P , вычисляется по формуле

$$P = \frac{V_{пост}}{V_{обсл}}. \quad (3.8)$$

Подставляя значения в формулу (3.8) получим:

$$P = \frac{V_{пост}}{V_{обсл}} = \frac{9,191}{8,824 \cdot 10^6} = 1,042 \cdot 10^{-6}.$$

Вероятность отсутствия кадров в канале P_0 , вычисляется по формуле

$$P_0 = 1 - P. \quad (3.9)$$

Подставляя значения в формулу (3.9) получим:

$$P_0 = 1 - P = 1 - 1,042 \cdot 10^{-6} = 1.$$

Среднее число кадров L , одновременно находящихся в системе вычисляется по формуле

$$L = \frac{V}{V_{обсл} - V}. \quad (3.10)$$

Подставляя значения в формулу (3.10) получим:

$$L = \frac{V}{V_{обсл} - V} = \frac{183,829}{8,824 \cdot 10^6 - 183,829} = 2,083 \cdot 10^{-5}.$$

Число кадров ожидающих обслуживания L_q , кадров, вычисляется по формуле

$$L_q = P \cdot L. \quad (3.11)$$

Подставляя значения в формулу (3.11) получим:

$$L_q = P \cdot L = 1,042 \cdot 10^{-6} \cdot 2,083 \cdot 10^{-5} = 2,17 \cdot 10^{-11}, \text{ кадров.}$$

Среднее время нахождения кадра в системе W , сек, вычисляется по формуле

$$W = \frac{1}{V_{обсл} - V}. \quad (3.12)$$

Подставляя значения в формулу (3.12) получим:

$$W = \frac{1}{V_{обсл} - V} = \frac{1}{8,824 \cdot 10^6 - 183,829} = 1,133 \cdot 10^{-7}, \text{ сек.}$$

Время ожидания в очереди W_q , сек, вычисляется по формуле

$$W_q = W \cdot P. \quad (3.13)$$

Подставляя значения в формулу (3.13) получим:

$$W_q = W \cdot P = 1,133 \cdot 10^{-7} \cdot 1,042 \cdot 10^{-13} = 1,181 \cdot 10^{-13} \text{ сек.}$$

Время передачи по каналу связи $t_{канала}$, сек, вычисляется по формуле

$$t_{\text{канала}} = W - W_q. \quad (3.14)$$

Подставляя значения в формулу (3.14) получим:

$$t_{\text{канала}} = W - W_q = 1,133 \cdot 10^{-7} - 1,181 \cdot 10^{-13} = 1,133 \cdot 10^{-7} \text{ сек.}$$

Обработка результатов:

По результатам расчетов необходимо оценить параметры, входящие в состав данной системы.

Интенсивность поступления кадров $I_{\text{пост}}$, пак/сек, вычисляется по формуле

$$I_{\text{пост}} = V_{\text{пост}} \cdot N_{\text{комп}}. \quad (3.15)$$

Подставляя значения в формулу (3.15) получим:

$$I_{\text{пост}} = V_{\text{пост}} \cdot N_{\text{комп}} = 9,191 \cdot 20 = 183,829 \text{ пак/сек.}$$

Перевод пакетов в биты $\lambda_{\text{мин}}$, $\lambda_{\text{макс}}$ бит, вычисляется по формуле

$$\lambda_{\text{мин}} = I_{\text{пост}} \cdot L_{\text{мин}}, \quad (3.16)$$

$$\lambda_{\text{макс}} = I_{\text{пост}} \cdot L_{\text{макс}}. \quad (3.17)$$

Подставляя значения в формулы (3.16) и (3.17) получим:

$$\lambda_{\text{мин}} = I_{\text{пост}} \cdot L_{\text{мин}} = 9,191 \cdot 500 = 9,191 \cdot 10^4 \text{ бит,}$$

$$\lambda_{\text{макс}} = I_{\text{пост}} \cdot L_{\text{макс}} = 9,191 \cdot 10000 = 1,838 \cdot 10^5 \text{ бит.}$$

где λ - интенсивность поступления требований (величина, обратная среднему интервалу времени между моментами поступления).

Коэффициент использования ρ вычисляется по формуле

$$\rho_{\min} = \frac{\lambda_{\min}}{\mu}, \quad (3.18)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\lambda_{\max}}{\mu}, \quad (3.19)$$

$$\rho = \frac{\rho_{\min} + \rho_{\max}}{2}. \quad (3.20)$$

где, μ - скорость обслуживания (величина, обратная среднему времени обслуживания).

Подставляя значения в формулы (3.18), (3.19) и (3.20) получим:

$$\rho_{\min} = \frac{\lambda_{\min}}{\mu} = \frac{9,191 \cdot 10^4}{100 \cdot 10^6} = 9,191 \cdot 10^{-4}.$$

$$\rho_{\max} = \frac{\lambda_{\max}}{\mu} = \frac{1,138 \cdot 10^5}{100 \cdot 10^6} = 1,138 \cdot 10^{-3}.$$

$$\rho = \frac{\rho_{\min} + \rho_{\max}}{2} = \frac{9,191 \cdot 10^{-4} + 1,138 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,379 \cdot 10^{-3}.$$

Стационарная вероятность пребывания в системе P_n вычисляется по формуле

$$P_n = (1 - \rho). \quad (3.21)$$

где P_n - стационарная вероятность пребывания n требований в системе.

Подставляя значения в формулы (3.21) получим:

$$P_n = (1 - \rho) = 1 - 1,379 \cdot 10^{-3} = 0.999.$$

Расчет степени использования канала, с использованием программы MathCAD показан в приложении В.

Результаты расчета отражены на рисунках 3.5-3.12

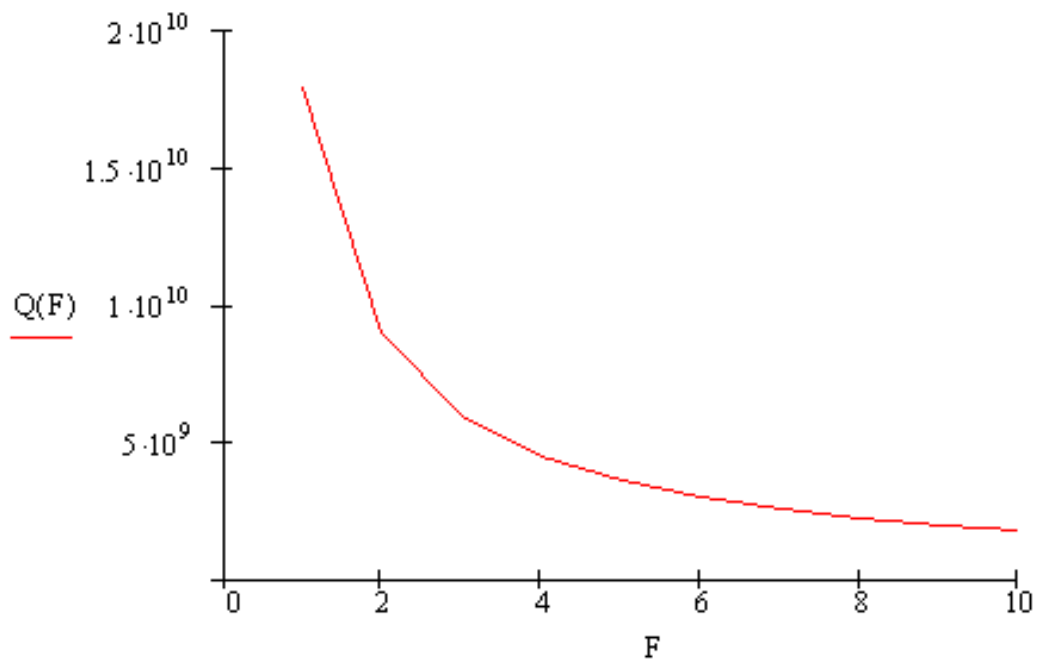


Рисунок 3.5 - Зависимость объема передаваемой информации от полосы пропускания канала

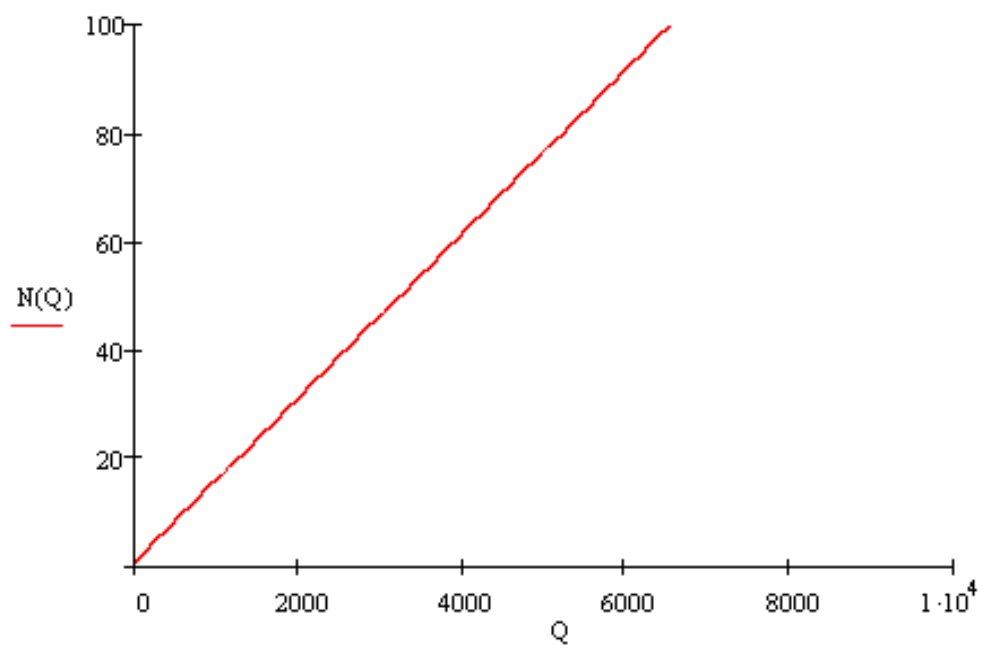


Рисунок 3.6 - Зависимость числа передаваемых кадров от объема передаваемой информации\

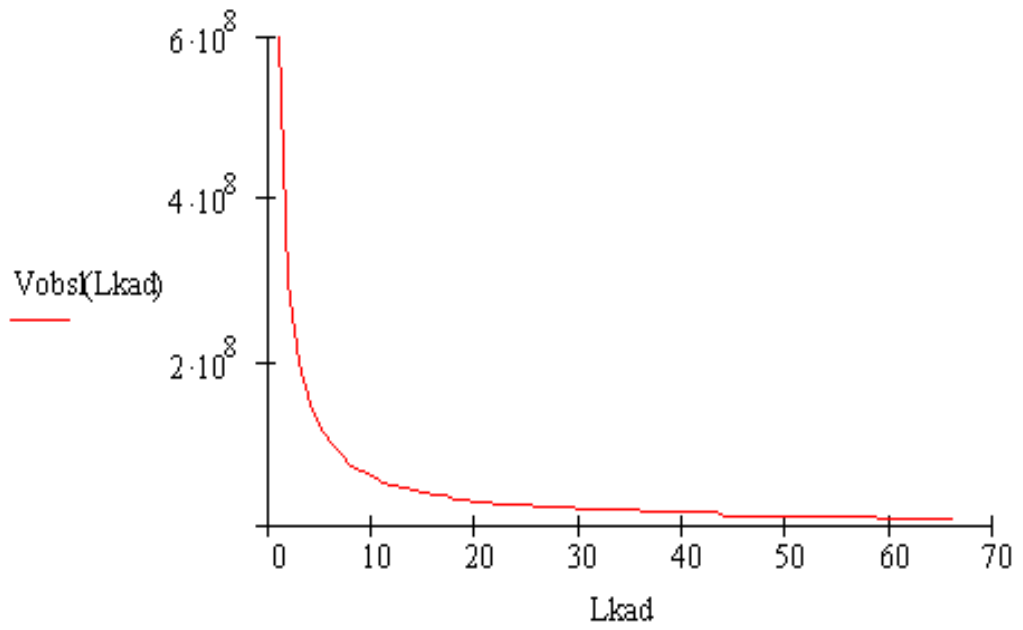


Рисунок 3.7 - Зависимость скорости обслуживания кадров от общей длины кадра

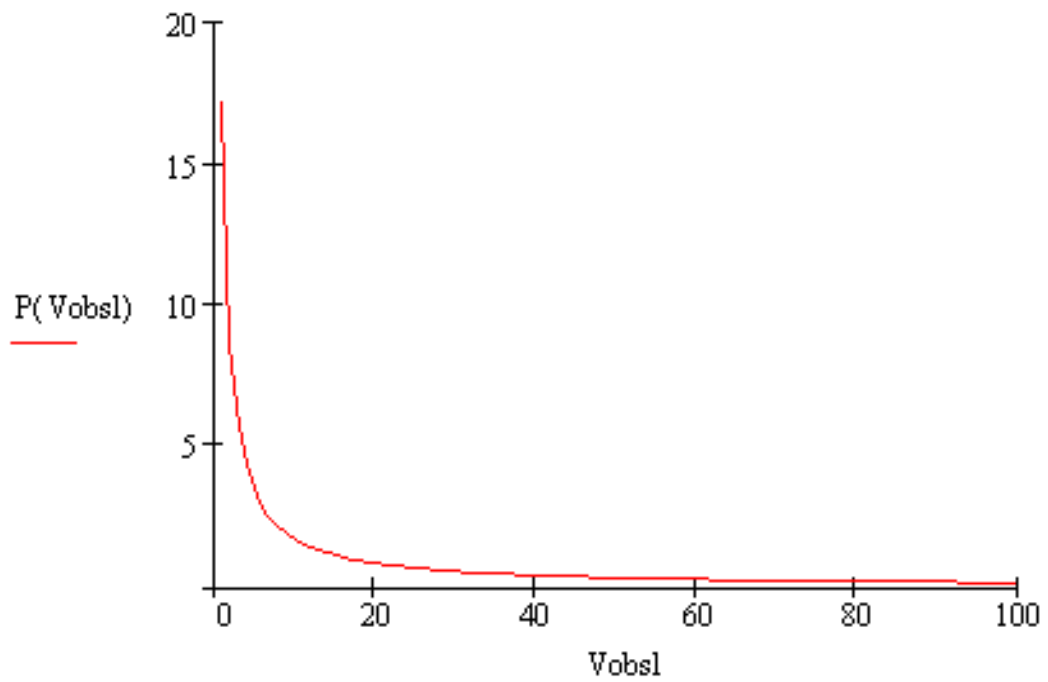


Рисунок 3.8 - Зависимость степени использования канала связи от скорости обслуживания

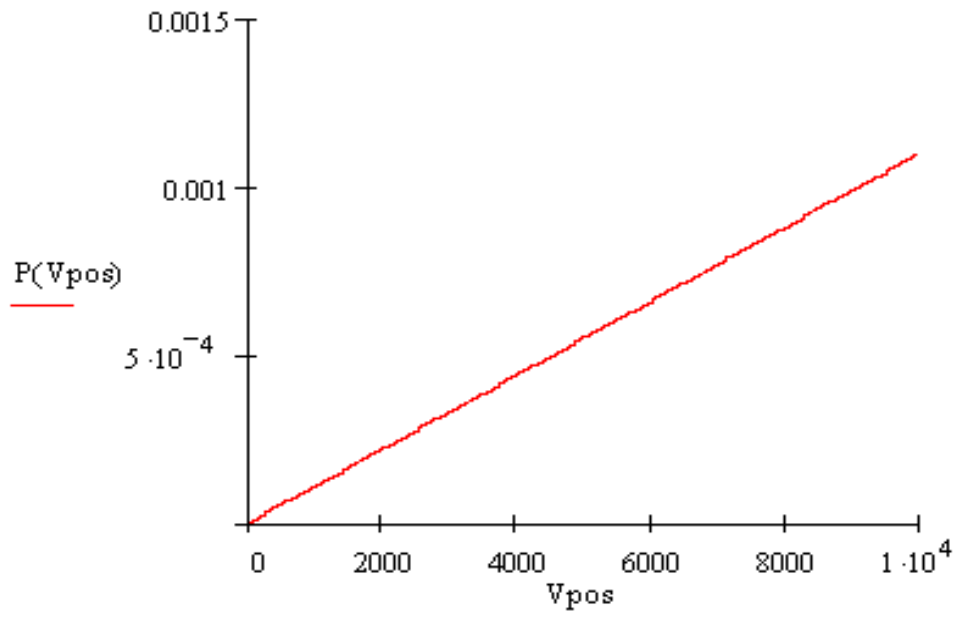


Рисунок 3.9 - Зависимость степени использования канала связи от скорости поступления кадров

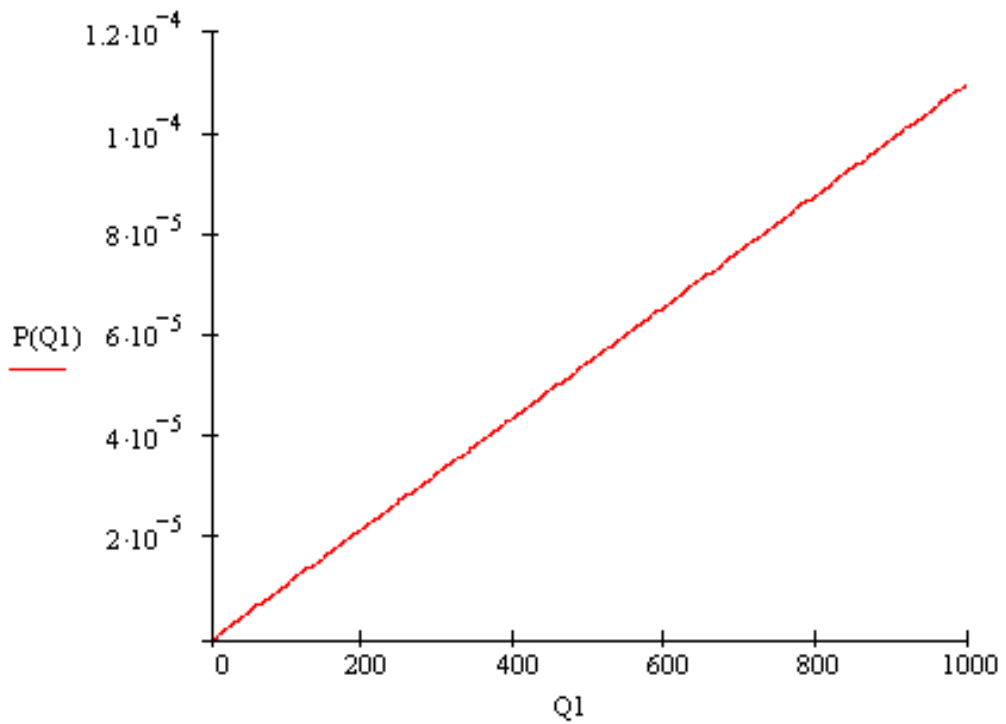


Рисунок 3.10 - Зависимость степени использования канала связи от объема передаваемой информации

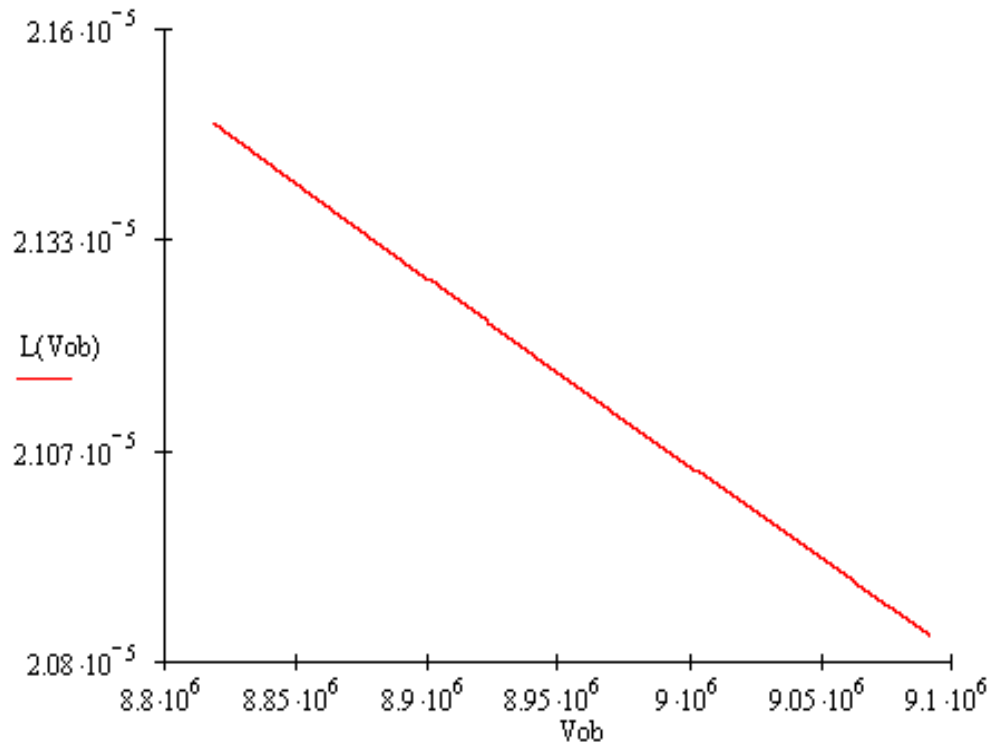


Рисунок 3.11 - Зависимость среднего числа кадров, одновременно находящихся в системе, от скорости обслуживания

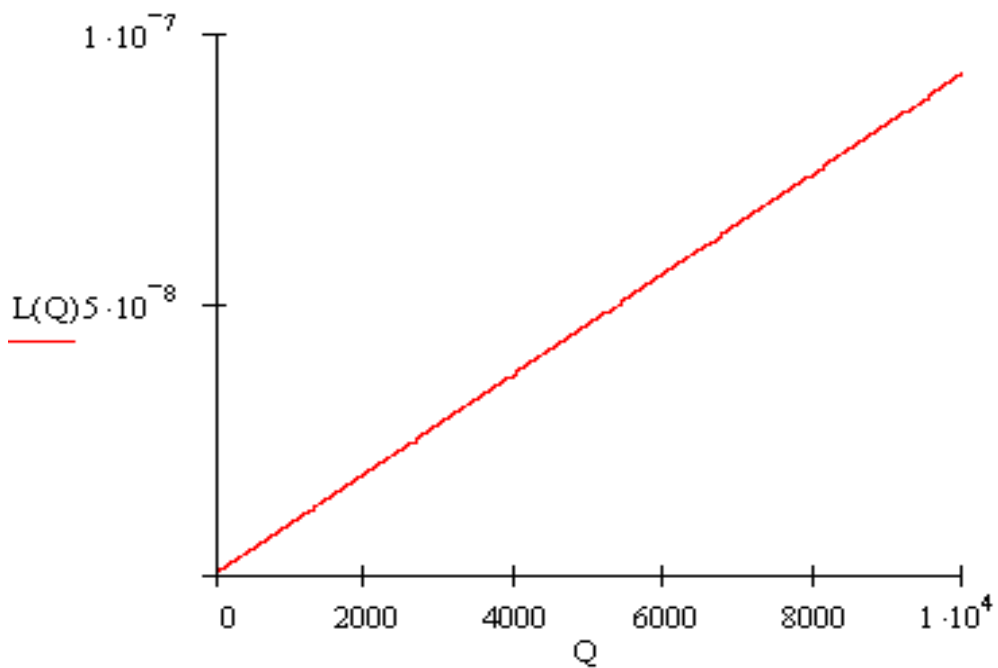


Рисунок 3.12 - Зависимость среднего числа кадров, одновременно находящихся в системе, от объема передаваемой информации

Таким образом, результаты показали что:

- при увеличении числа передаваемых кадров, объем передаваемой

информации увеличивается;

- при увеличении степени использования канала связи, скорость поступления кадров увеличивается;
- при уменьшении среднем числа кадров, одновременно находящихся в системе, скорость обслуживания увеличивается;
- при увеличении среднего числа кадров, одновременно находящихся в системе, объем передаваемой информации увеличивается.

3.4 Расчет количества транзакций

Время обслуживания в узлах интеллектуальной связи (ИС) находится в прямой зависимости от типа услуги, поскольку каждый тип имеет свой сценарий взаимодействия между узлами ИС, и, следовательно, различное количество передаваемых транзакций (под транзакцией подразумевается пара управляющих сообщений запрос-ответ)[21].

Рассчитаем среднее количество транзакций для определенной услуги ИС по следующей формуле

$$n_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i p_i. \quad (3.22)$$

где n_k - среднее число пакетов, создаваемых одной услугой;

N – количество видов соединений;

n_i – количество пакетов при i -м виде соединений;

p_i – вероятность i -го соединения.

Условные потери в ИС:

Если рассматривать обслуживание вызова ИС, то общее время, затрачиваемое на реализацию логики услуги, складывается из задержек на каждую фазу обслуживания, то есть на передачу и обработку каждой транзакции.

Найдем формулу для расчета вероятности того, что время задержки при реализации конкретной услуги превысит заданное:

$$P(\gamma_{\Sigma} > t) = P(n\gamma_{ИС} > t). \quad (3.23)$$

где n - количество обращений к узлу SCP, предусмотренное сценарием данной услуги.

Для определения $(P\gamma_{\Sigma} > t)$ воспользуемся известным свойством: преобразование Лапласа от плотности распределения суммарного времени

обслуживания равно произведению преобразований Лапласа от плотности распределения для каждого из ее составляющих.

Дополнительные узлы ИС представляют собой быстродействующие высокоэффективные компьютеры, функционирование которых для упрощения дальнейших расчетов можно описать с помощью однолинейной модели обслуживания с ожиданием M/M/1, то есть обслуживание без потерь. Пусть на узел SCP, обслуживающий заявки с интенсивностью μ , поступает поток вызовов с интенсивностью λ . Для такой модели (по отношению к вызовам, попавшим на ожидание) справедливо:

$$P(\gamma > t) = (P_i \exp[-(\mu - \gamma)t]). \quad (3.24)$$

где $P_i = \mu / \lambda$ – вероятность того, что вызов не будет немедленно обслужен, а поступит на ожидание.

Найдем преобразование Лапласа от каждой функции плотности распределения по существующим таблицам. Обозначим: W_{Σ} - преобразование Лапласа от плотности распределения суммарного времени обслуживания, а W - от плотности распределения времени обработки каждой транзакции:

$$W = \frac{(\mu / \lambda)(\mu - \lambda)}{s + (\mu - \lambda)}. \quad (3.25)$$

Произведение полученных выражений - это преобразование Лапласа от искомой плотности распределения суммарного времени обслуживания: $W_{\Sigma} = (W_{ИС})^n$. Производя перемножение и обратное преобразование, можно найти плотность распределения суммарной случайной величины. С помощью данного подхода можно оценить условные потери для любой услуги и конфигурации сети, что показано на рисунке 3.13

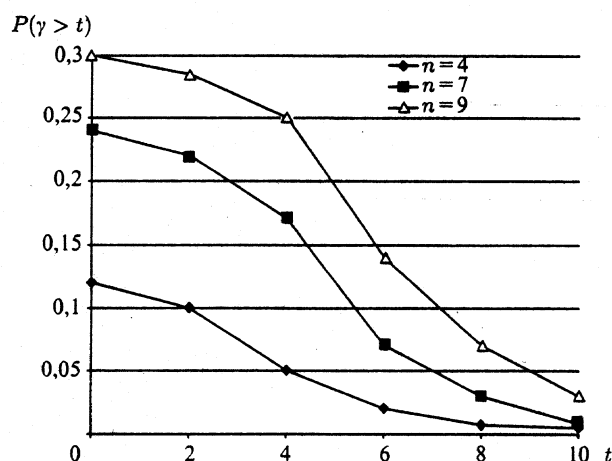


Рисунок 3.13 – Оценка условных потерь[21]

Рассмотрим буфер, снабженный передатчиком. Положим, что пакеты последовательно прибывают в буфер в моменты времени $0 < T_1 < T_2 < T_3, \dots$, и передаются в соответствии с дисциплиной FIFO за время S_1, S_2, S_3 соответственно. Пример такого обмена информацией покажем на рисунке 3.13.

Система называется очередью M/M/1, если:

- а) случайные интервалы времени между моментами прибытия $T_1, T_2 - T_1, T_3 - T_2, \dots$ независимы и одинаково распределены с вероятностью:

$$P\{T_{n+1} - T_n \geq t\} = \exp\{-\lambda t\}, t \geq 0. \quad (3.26)$$

Таким образом, интервалы между прибытиями распределены экспоненциально с параметром $\lambda > 0$. В подобном случае говорят, что моменты прибытия $\{T_n\}$ образуют пуассоновский процесс с параметром λ .

б) времена передачи $\{S_n\}$ являются независимыми и экспоненциально распределенными случайными величинами с параметром μ ; длины пакетов также независимы друг от друга и экспоненциально распределены с математическим ожиданием μ^{-1} , измеряемым в битах. Таким образом,

$$P\{S_n \geq t\} = \exp\{-\mu t\}, t \geq 0. \quad (3.27)$$

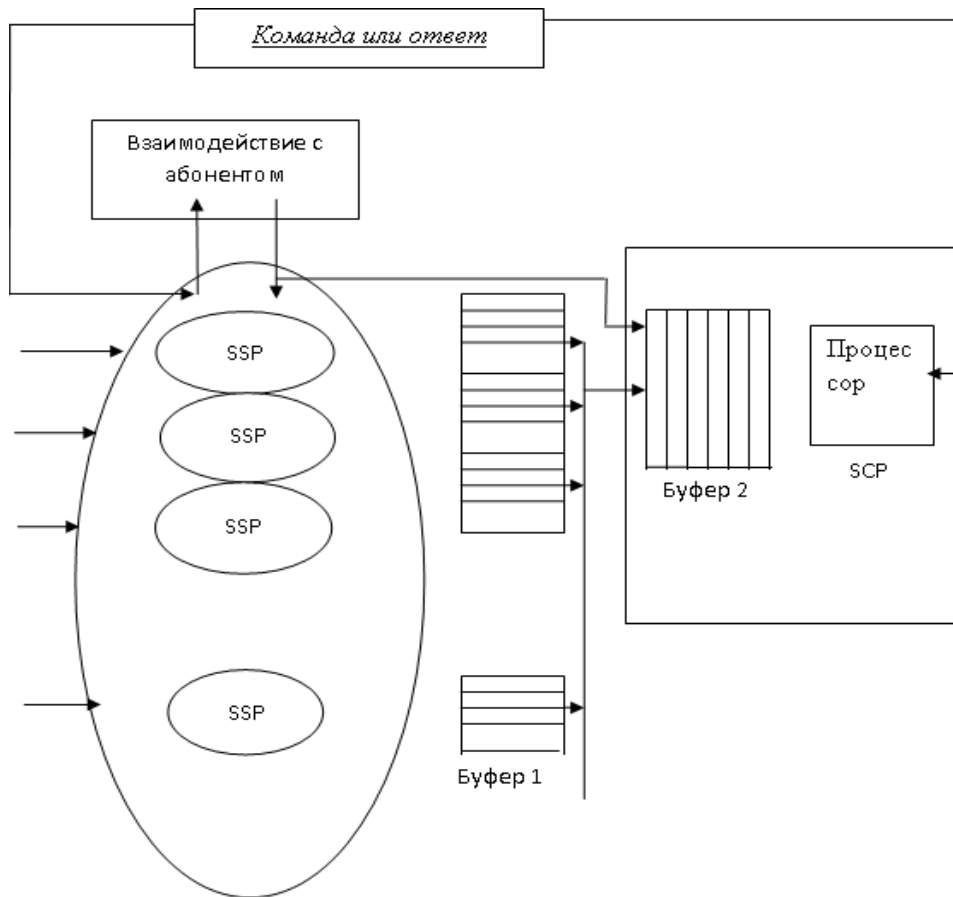


Рисунок 3.14 – Система обменом сигнальными сообщениями

В записи M/M/1 первое M означает, что процесс прибытия идёт без памяти, а второе M — что времена обслуживания тоже не имеют памяти. Это происходит потому, что единственным распределением без памяти является экспоненциальное распределение. Единица в записи M/M/1 означает, что очередь имеет одно устройство обслуживания. Данная технология показана на рисунке 3.14, а в приложении А приведем программу, имитирующую данный процесс[22].

Обозначив x_i числа пакетов, которые либо находятся в буфере, либо передаются за время $t > 0$, можно показать, что при статистическом равновесии в системе, являющейся очередью M/M/1, выполняется соотношение:

$$P\{x_i = n\} = \rho^n (1 - \rho), n \geq 0, \text{ если } \rho := \frac{\lambda}{\mu} < 1. \quad (3.28)$$

Подстатистическим равновесием понимается достижение системой устойчивого состояния в том смысле, что вероятности длин очереди не меняются со временем. Однако это не означает, что длина очереди перестает изменяться. Такое определение равновесия схоже с тем, что происходит при

закачивании газа в пустой баллон. Через некоторое время распределение молекул газа стабилизируется, хотя молекулы продолжают движение. Вероятность нахождения некоторого данного числа молекул в какой-то части объема баллона стремится к некоторой постоянной величине.

Если $\lambda \geq \mu$, то среднее число пакетов в буфере бесконечно, т.е. очередь, не будучи ограниченной, постоянно разрастается.

Если $\lambda < \mu$, то из (3.28) можно сделать вывод, что средняя длина очереди равна:

$$L := E\{x_i\} = \sum_{n=0}^{\infty} nP\{x_i = n\} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}. \quad (3.29)$$

В качестве иллюстрации к формуле (3.29) рассмотрим следующий пример. Пакеты прибывают в буфер со скоростью $R = 1$ Мбит/с. Пакеты имеют произвольную, независимую друг от друга длину L_n с экспоненциальным распределением с математическим ожиданием, равным $\alpha^{-1} = 1000$ бит. Моменты прибытия пакетов образуют пуассоновский процесс с параметром $\lambda = 800$ пакетов/с. Надо вычислить среднее число пакетов в буфере, включая те пакеты, которые возможно находятся в процессе передачи. Чтобы применить (3.29), надо заметить, что времена передачи пакетов равны $S_n = L_n/R$, а потому они независимы и распределены по экспоненциальному закону с математическим ожиданием $\mu^{-1} = 1$ мс/пакет. Действительно,

$$P\{S_n \geq t\} = P\left\{\frac{L_n}{R} \geq t\right\} = P\{L_n \geq Rt\} = \exp\{-\alpha Rt\} = \exp\{-\mu t\}. \quad (3.30)$$

при $\mu = \alpha R = 10^{-3} \times 10^6 = 10^3$. В приведенном равенстве используется допущение, что L_n распределено по экспоненциальному закону с параметром α . Используя (3.29), можно сделать вывод, что среднее число пакетов в буфере равно:

$$L = \lambda / (\mu - \lambda) = 800 / (1000 - 800) = 4 \text{ пакета.}$$

Теперь применим формулу (3.29) для определения средней задержки T пакета в системе. Средняя задержка T связана со средней длиной очереди формулой Литтла:

$$L = \lambda T. \quad (3.31)$$

Используя это соотношение для очереди M/M/1, получим:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda}. \quad (3.32)$$

Формула Литтла (3.31) применима к большому классу систем очередей. Простая интерпретация этого результата может быть дана для систем массового обслуживания с дисциплиной обслуживания FIFO. Если типичный клиент тратит в среднем на пребывание в системе T единиц времени, то среднее число клиентов, стоящих в очереди за ним, равно λT . Действительно, пользователи, стоящие позади него — это те, кто прибыл в течение T единиц времени, проведенных типичным пользователем в системе. Поэтому типичный пользователь, покидая систему, оставляет в системе λT пользователей. Среднее число пользователей в системе должно быть равно L . Следовательно, $L = \lambda T$.

Применив формулу (3.32) к нашему предыдущему числовому примеру с $\lambda = 800$ пакетов/с и $\mu = 1000$ мс/пакет, мы получим, что

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{1000 - 800} = 5 \text{ мс/пакет. —}$$

Этот результат согласуется с нашим предыдущим выводом, что в среднем к моменту прибытия нового пакета в буфере уже находится 4 пакета, а для передачи одного пакета требуется 1 мс.

Заключение

Данная работа охватывает ряд вопросов с исследованием и анализом услуг IPTV. В диссертации представлен аналитический обзор информации по вопросам развития услуг в процессе эволюции телевидения и конвергенции с IP сетями. Рассмотрен процесс развития систем коллективного доступа к телевидению. Представлен алгоритм работы промежуточного буфера при реализации услуги «Видео по запросу», где дан анализ методов кэширования для оптимизации услуги. Проанализированы механизмы улучшения качества предоставления услуги «Видео по запросу». Было предложено использовать интегрированные стратегии кэширования с использованием прокси, которые могут уменьшить начальные задержки. Произведено сравнение двух стратегий кэширования, таких как префиксное кэширование и интервальное кэширование. В третьей главе сделаны необходимые расчеты трафика для услуг IPTV, такие как трафик ПД и речевой трафик. Произведен анализ степени использования канала и количество транзакций для услуги IPTV. Таким образом, новизна исследования состоит в представлении модели решения «Телевидение, сдвинутое по времени», основанной на кэшировании со скользящим интервалом с фиксированным размером окна, предлагающей метод оценки, необходимого пространства для хранения контента в сети, а также алгоритма совместного кэширования для реализации услуги «Телевидение, сдвинутое по времени», а также в предложенной модели использования гибридного кэширования для оптимального выбора входной пропускной способности прокси-сервера при предоставлении услуги «Видео по запросу».

Список литературы

- 1 Антонова Г.М. , Байков А.Ю. Современные средства ЭВМ и телекоммуникаций / Антонова Г.М. , Байков А.Ю. - М.:Академия. 2010. - 144с.
- 2 Балашов В.А. , Лашко А.Г. , Ляховецкий Л.М. Технологии широкополосного доступа xDSL / Балашов В.А. , Лашко А.Г. , Ляховецкий Л.М. - М.:Эко-Трендз. 2009. - 256с.
- 3 Hens F.J. Triple Play: Building the converged network for IP, VoIP and IPTV / Hens F.J. - New York: Wiley-Interscience. 2008. - 416р.
- 4 Башлы П.Н. Современные сетевые технологии. Учебное пособие / Башлы П.Н. - М.:Горячая Линия - Телеком. 2006. - 336с.
- 5 Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика. Теория и практика / Бейли Д., Райт Э. - М.:КУДИЦ-Пресс. 2008. - 320с.
- 6 Warriar P., Kumar B. XDSL architecture / Warriar P., Kumar B. – New York: McGraw-Hill. 2000. - 469р.
- 7 Биза Г. Формирование локальным провайдером провайдером цифрового ТВ-пакета / Биза Г. // Кабельщик. - 2007. - № 7. - с. 66-71.
- 8 Buddhikot M., Chae Y., Guo K., Suri S., Zegura E. Silo, rainbow, and caching token: schemes for scalable, fault tolerant stream caching / Buddhikot M., Chae Y., Guo K., Suri S., Zegura E. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. - 2002. - no. 7. - p. 1328-1344.
- 9 Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. История развития электроники в XX столетии / Быховский М.А. - М.:Либроком. 2012. - 352с.
- 10 Salina J.L. Next Generation Networks: Perspectives and Potentials / Salina J.L. - New York: Wiley. 2008. -252р.
- 11 Волков А.Н. Сети и телекоммуникации / Волков А.Н. - М.:Академия. 2006. - 352с.
- 12 Галкин В.А., Григорьев Ю.А. Телекоммуникации и сети / Галкин В.А., Григорьев Ю.А. - М.:Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2003. – 132 608с.
- 13 Гольдштейн А.Б., Гольдштейн В.С. Технология и протоколы MPLS / Гольдштейн А.Б., Гольдштейн В.С. - Спб.:БХВ-Петербург. 2005. - 304с.

14 Minoli D. IP Multicast with Applications to IPTV and Mobile DVB-H / Minoli D. - New York: Wiley-IEEE Press. 2008. - 376p.

15 Liu J., Xu J. Proxy caching for media streaming over the Internet / Liu J., Xu J. // IEEE Communications Magazine. - 2004. - no. 8. - p. 88-94. Гольдштейн В.С., Ехриель И.М., Перле Р.Д. Интеллектуальные сети / Гольдштейн В.С., Ехриель И.М., Перле Р.Д. - М.: Радио и связь. 2005. - 504с.

17 Гольдштейн В.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи / Гольдштейн В.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. - Спб.: БХВ-Петербург. 2010. - 400с.

18 Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа: Монография / Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. - М.: Наука. 2003. - 400с.

19 Perkins C. RTP: Audio and Video for the Internet / Perkins C - Boston: Addison-Wesley Professional. 2012. - 432p.

20 Иверсен В. Разработка телетрафика и планирование сетей / Иверсен В. - М.: Бином. 2011. - 528с.

21. Иртегов Д.В. Введение в сетевые технологии / Иртегов Д.В. - Спб.: БХВ-Петербург. 2004. - 560с.

22 Колпаков И.А., Колгатин С.Ю., Барг А.И. IP-телевидение начинается с головной станции / Колпаков И.А., Колгатин С.Ю., Барг А.И. // Кабельщик. - 2006. - № 9. - с. с. 46-49.

23 Кох Р., Яновский Г.Г. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Кох Р., Яновский Г.Г. - М.: Радио и связь. 2001. - 280с.

24 Degrande N., Laevens K., Vleeschauwer D., Sharpe R. Increasing the user perceived quality for IPTV services / Degrande N., Laevens K., Vleeschauwer D., Sharpe R. // IEEE Communications Magazine. - 2008. - no. 2. - p. 94-100.

25 Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения / Крылов В.В., Самохвалова С.С. - Спб.: БХВ-Петербург. 2005. - 288с.

26 Немет Э. Unix и Linux. Руководство системного администратора / Немет Э. - М.: Вильямс. 2012. - 1312с.

27 Окулов СМ., Пестов О.А. Динамическое программирование / Окулов СМ., Пестов О.А. - М.: Бином. 2012. - 296с.

28 Попов В.Б. Основы информационных и телекоммуникационных технологий. Сетевые информационные технологии / Попов В.Б. - М.: Финансы и статистика. 2005. - 224с.

29 Han S., Lisle S., Nehib G. IPTV transport architecture alternatives and economic considerations / Han S., Lisle S., Nehib G. // IEEE Communications Magazine. - 2008. - no. 2. - p. 70-77

30 Смирнова Е. В., Козик П. В. Технологии современных сетей Ethernet. Методы коммутации и управления потоками данных / Смирнова Е. В., Козик П. В. - Спб.: БХВ-Петербург. 2012. - 272с.

31 Соколов Н. Пути преобразования телефонных сетей в NGN-сети / Соколов Н. // Мир связи Connect. - 2007. - № 5. - с. с. 44-48.

32 Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей / Степанов С.Н. - М.: Эко-трендз. 2010. - 392с.

33 Тюхтин М.Ф. Системы Интернет-телевидения / Тюхтин М.Ф. - М. Торячая Линия - Телеком. 2008. - 328с.

34 Филимонов А. Построение мультисервисных сетей Ethernet / Филимонов А. - Спб.: БХВ-Петербург. 2007. - 592с.

35 Хейс Д. Кабельные системы для телефонии, данных, TV и видео / Хейс Д. - М.: КУДИЦ-Образ. 2005. - 368с.

36 Шевченко В.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / Шевченко В.П. - М.: КноРус. 2012. - 288с.

37 Bester J., Guna J., Kos A., Volk M. Quality-assured provisioning of IPTV services within the NGN environment / Bester J., Guna J., Kos A., Volk M. // IEEE Communications Magazine. - 2008. - no. 5. - p. 18-23. ISSN 0163-6804

38 Bingham J. ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation / Bingham J. - New York: Wiley-Interscience. 2000. - 314p.