

**ПОЛТАВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЮРИЯ КОНДРАТЮКА**

На правах рукописи

Кубракова Екатерина Николаевна

УДК 621.395

**МЕТОД БУФЕРИЗАЦИИ ЗАПРОСОВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКОВ
ДАНЫХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ**

05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель:
Краснобаев Виктор Анатольевич
доктор технических наук, профессор

Полтава – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. Анализ процесса обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети	14
1.1. Анализ требований, которые предъявляются к передаче потоков реального времени в современных телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов	14
1.2. Исследование известных методов обслуживания запросов на передачу потоков реального времени	19
1.3. Постановка научно-технической задачи диссертации	35
1.4. Выводы по разделу 1	37
РАЗДЕЛ 2. Математические модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети	40
2.1. Усовершенствование математической модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени для оценки используемости телекоммуникационного канала.....	40
2.2. Разработка имитационных моделей обслуживания запросов на передачу потоков реального времени	50
2.3. Разработка математической модели для оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети	68
2.4. Выводы по разделу 2	82

РАЗДЕЛ 3. Нейронечеткие модели прогнозирования параметров потоков реального времени, передаваемых по каналу телекоммуникационной сети	84
3.1. Развитие модели нейронечеткого прогнозирования средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по телекоммуникационному каналу.....	84
3.2. Развитие модели нейронечеткого прогнозирования средней длительности передачи потоков реального времени по телекоммуникационному каналу ..	92
3.3. Оценка эффективности применения моделей нейронечеткого прогнозирования параметров потоков реального времени.....	98
3.4. Выводы по разделу 3	106
РАЗДЕЛ 4. Метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети и оценка эффективности его применения.....	109
4.1. Обоснование необходимости буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети	109
4.2. Выбор рационального значения предельной длины очереди запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети.....	116
4.3. Совершенствование метода буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети	117
4.4. Оценка эффективности усовершенствованного метода буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети	121
4.5. Выводы по разделу 4.....	123
ВЫВОДЫ	125
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	131
Приложение А. Акты реализации результатов диссертационной работы...	143

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВВГ –	вероятностно-временной граф
ДО –	дифференцированное обслуживание
ИО –	интегрированное обслуживание
ИТ –	информационные технологии
КИ –	коэффициент использования
КО –	качество обслуживания
МПК –	многопротокольная коммутация
ПК –	персональный компьютер
ППРВ –	передача потоков реального времени
ПРВ –	поток реального времени
ПРР –	протокол резервирования ресурсов
ПФ –	производящая функция
РВ –	реальное время
СП –	сигнальный протокол
СМО –	система массового обслуживания
ТКС –	телекоммуникационная сеть
ТСКП –	телекоммуникационная сеть с коммутацией пакетов
ТУ –	транспортный уровень
ЭМВОС –	эталонная модель взаимодействия открытых систем

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Согласно “Концепции развития связи Украины” приоритетным направлением развития является создание современных широкополосных мультисервисных транспортных сетей на базе единых протоколов, совместимых с Интернет-протоколами [1-3].

Количество новых, развернутых сетевых приложений, передающих и получающих мультимедийные данные, последние несколько лет увеличиваются экспоненциально. Новые мультимедийные приложения (также называемые приложениями с непрерывными потоками данных или потоками реального времени) – видео, IP-телефония, телеконференции, интерактивные игры, виртуальные миры, дистанционное обучение и многое другое – интенсивно разрабатываются и внедряются.

В настоящее время большинство информационных потоков, передаваемых в современных телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов (голос, видео) образуют мультимедийный трафик. Интенсивность передачи информации, инициированная работой соответствующих программных средств в реальном времени является достаточно высокой и близкой к постоянному значению, потому такой вид трафика часто называют потоковым или трафиком реального времени[4, 5].

Интенсивность поступления от пользователей запросов на передачу потоков реального времени изменяется случайным образом. При случайном возрастании этой интенсивности в сети наблюдается временный дефицит канальных ресурсов. Это обуславливает появление отказов в обслуживании запросов, которые поступили от пользователей. При снижении указанной интенсивности уменьшается сетевая нагрузка, каналы сети работают в недогруженном режиме, и наблюдаются паузы в их использовании. Таким образом, каналы современных телекоммуникационных сетей нагружаются неравномерно во времени, в результате чего используются неэффективно.

Для того, чтобы сгладить поток запросов на передачу потоков реального времени, которые поступают в сеть, целесообразно в условиях дефицита канальных ресурсов (сетевых перегрузок) осуществлять буферизацию этих запросов. При этом важным и сложным заданием является выбор максимального значения длины очереди запросов на передачу потоков реального времени (ППРВ) в телекоммуникационной сети (ТКС). Возрастание этой величины, с одной стороны, улучшает качество обслуживания пользователей, потому что в этом случае большое количество запросов может находиться в очереди на обслуживание и меньшему числу пользователей будет отказано в обслуживании. С другой стороны, чем больше запросов может находиться в очереди, тем больше времени пользователям придется ждать обслуживания своих запросов, находящихся в очереди, что негативно скажется на качестве их обслуживания.

Работы отечественных и зарубежных ученых в области исследования сетевого трафика свидетельствуют о том, что существует потребность в эффективных средствах управления потоками данных. Среди зарубежных и отечественных авторов, которые решали отдельные задачи в этой области, можно отметить следующих: Behdin S., Fidge C., Helberg A.S.J., Saeed S., Jumari K., Nishikido J., Chaudhuri G., Lee M.J., Vandenhoute M., Yang X., Yi P., Tsukamoto K., Higashino T., Korner U., Gaur M.S., Jun Zhou, Salvador P., Nogueira A., Barlet S., Serral-Gracia R., Кучерявый Е.А., Д.М. Молчанов, С.В. Андреев, О.О. Галинина, Н.В. Васильева, П.Н. Гончуков, С.А. Беляев, Польщиков К.А., Лосев Ю.И., Лемешко А.В., Рвачова Н.В. и другие.

Несмотря на значительное количество работ по повышению качества обслуживания разных видов трафика, на сегодняшний день есть потребность в эффективных методах управления потоками трафика данных, а именно, качественной доставкой потоков реального времени [6-9].

Именно нерешенность задачи качественной передачи потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети, определили цель,

общую научно-техническую задачу диссертации, частные задачи исследований и содержание данной диссертационной работы.

Научно-техническая задача диссертации – разработка и совершенствование моделей и метода повышения качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования в диссертационной работе проводились в соответствии со следующими нормативными актами.

1. Концепция Национальной программы информатизации, одобренная Законом Украины «Про Концепцію Національної програми інформатизації» от 4 февраля 1998 г. N 75/98-ВР.

2. Концепция развития связи Украины до 2010 года, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» от 9 декабря 1999 г. №2238.

3. Государственная научно-техническая программа «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій».

4. Концепция создания Государственной интегрированной информационной системы обеспечения управления подвижными объектами, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины от 17 июля 2003 г. №410-р.

Исследования, результаты которых изложены в диссертации, проводились в соответствии с государственными планами НИР, программами и договорами, которые выполнялись на кафедре компьютерной инженерии Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка, а также в других организациях:

– "Розробка та дослідження методів і засобів кодування, передачі, обробки та корекції даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційних систем і мереж, що функціонують у класі лишків" (Полтавський

національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, ДР № 0114U004136, 2013-2015 рр.);

– “ Дослідження технологічних умов функціонування системи гнучкої комутації для мережі технологічного зв’язку залізничного транспорту на базі SI 2000 з розробкою технічних умов, їх погодженням з Укрзалізстандартом та у Державній адміністрації залізничного транспорту України “Укрзалізниця” та реєстрування технічних умов у відповідних державних органах влади (Українська державна академія залізничного транспорту, 2011 р.);

– “ Методологія створення відмовостійких і швидкодіючих засобів обробки цифрової інформації реального часу на основі застосування модулярної системи числення ” (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, ДР № 0110U000669, 2010-2014 рр.);

– “ Розробка методики визначення обсягу робіт з експлуатації телекомунікаційного обладнання” (Українська державна академія залізничного транспорту, ДР № 0111U007919, 2012 р.);

Участие автора в указанных научно-исследовательских темах и проектах, в которых диссертант был исполнителем, заключается в разработке непосредственно методов обеспечения качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы является повышение коэффициента использования каналов, и качества обслуживания пользователей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить сформулированную в диссертации общую научно-техническую задачу. В свою очередь, для решения общей научно-технической задачи диссертации необходимо решить следующие частные научные задачи.

1. Исследовать методы обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

2. Усовершенствовать математическую модель для оценки коэффициента использования телекоммуникационного канала во время передачи потоков реального времени.

3. Разработать имитационные модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

4. Разработать математическую модель оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

5. Развить модели нейронечеткого прогнозирования параметров трафика.

6. Совершенствовать метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени.

Объект исследований – процесс обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

Предмет исследований – методы и модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

Методы исследования. При решении частных задач диссертации использовались теория систем массового обслуживания, математический аппарат нечеткой логики и вероятностно-временных графов. Так, при разработке математических моделей обслуживания потоков реального времени, а также оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени использовались элементы теории вероятностей и систем массового обслуживания. При развитии математических моделей нейронечеткого прогнозирования и метода буферизации использовались элементы теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Научная новизна полученных результатов. Новые научные результаты диссертации отражены в следующих четырех пунктах.

1. Усовершенствована математическая модель обслуживания запросов, поступающих в телекоммуникационный канал, за счет

возможности одновременной передачи по каналу множества потоков реального времени, что позволяет определить коэффициент использования канала при заданных параметрах запросов на передачу потоков реального времени.

2. Впервые разработана математическая модель оценки качества обслуживания, которая, в отличие от известных, за счет учета вероятности обслуживания запросов позволяет оценить качество обслуживания запросов на резервирование канальных ресурсов.
3. Получили дальнейшее развитие модели нейронечеткого прогнозирования параметров трафика телекоммуникационной сети, путём учета зависимости средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по телекоммуникационному каналу и средней длительности передачи этих потоков, что позволяет спрогнозировать параметры трафика сети.
4. Усовершенствован метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени за счет учета вероятности обслуживания запроса на передачу потоков реального времени, что повышает качество обслуживания запросов на передачу потоков реального времени.

Практическое значение полученных результатов исследований состоит в следующем.

1. Результаты расчетов показали, что применение усовершенствованного метода буферизации улучшает показатели качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени, а именно, коэффициент использования телекоммуникационного канала повышается на 5-15% в зависимости от параметров буферизации запросов на передачу потоков реального времени.

2. Сравнительная оценка показала, что вероятность обслуживания запроса возрастает в среднем на 3,9 – 12,8% в зависимости от параметров запросов на передачу потоков реального времени.

3. Полученные результаты использованы в научно-исследовательских работах, которые проводятся в рамках «Концепции развития связи в Украине», а также использованы в учебном процессе и научно-исследовательских работах Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка.

4. В среде MATLAB + Simulink разработаны имитационные модели, позволяющие получить количественные показатели, характеризующие зависимость коэффициента использования каналов сети от параметров буферизации.

5. Усовершенствованная в диссертационной работе математическая модель для оценки коэффициента использования телекоммуникационного канала во время передачи потоков реального времени, разработанная математическая модель для оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени, совершенствованный метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени, а также получившие дальнейшее развитие модели нейронечеткого прогнозирования параметров трафика реального времени, являются научно-практической основой для создания телекоммуникационной системы, обеспечивающей качественную передачу потоков реального времени.

Результаты диссертационной работы внедрены: на производстве в компании "Malkos" (ПП «Егура») при выполнении задач, которые связаны с проектированием и разработкой программной системы для передачи и управления мультимедийными потоками (акт реализации от 25.04.2014) и в учебном процессе Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка (акт реализации от 23.05.2014).

Личный вклад автора состоит в разработке и совершенствовании моделей и методов повышения качества обслуживания запросов на передачу

потоков реального времени. Полученные научные результаты обеспечивают решение поставленных в диссертации частных задач исследований. Все основные научные и практические результаты диссертации получены лично автором. Работа [15] была опубликована без соавторов. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежат: методика моделирования интенсивности трафика реального времени в телекоммуникационной сети [10]; сравнительный анализ существующих методов и технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени [11]; имитационные модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [12]; анализ методов и технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени [13]; математическая модель оценки использования телекоммуникационного канала во время передачи потоков реального времени [14]; математическая модель оценки качества обслуживания запросов на передачу потоков реального времени [15]; модель нейронечеткого прогнозирования средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети [16]; метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [17]; математическая модель обслуживания запросов на резервирование пропускной способности каналов телекоммуникационной сети для передачи потоков реального времени [18].

Апробация результатов диссертации. Основные результаты научных исследований диссертации докладывались, обсуждались и были одобрены на международных научно-технических конференциях: V Міжнародна конференція “Гарантоздатні (надійні та безпечні) системи, сервіси та технології DESSERT-2010” (г. Кировоград, Україна, 2010 г.); “64-а наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету” (м. Полтава, Україна, 2012); VI Міжнародна конференція “Гарантоздатні (надійні та безпечні) системи, сервіси та

технології” DESSERT-2012 (м. Севастополь, Україна, 2012); V Всеукраїнський науково-практичний форум установ Національної академії наук України та ВНЗ України “Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки” (м. Полтава, Україна, 2012); Всеукраїнская научно-техническая конференция “Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод” (г. Краматорск, Украина, 2012); “65-а наукова конференція професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету” (м. Полтава, Україна, 2012); Third International Workshop “Critical Infrastructure Safety and Security” CrISS-DeSSerT 2013(м. Севастополь, Україна, 2013 р.); XII Міжнародна науково-технічна конференція “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп’ютерної інженерії TCSET-2014” (м. Славське, Україна, 2014 р.);

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах: 7 статей в научных журналах, 2 статьи в сборниках научных трудов, 4 тезисов докладов в сборниках научно-технических конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов по диссертации, списка используемой литературы и одного приложения. Полный объем диссертации составляет 145 страниц, в том числе: 130 страниц основного текста, библиография с 110 наименованиями на 12 страницах, 1 приложение на 3 страницах.

В заключение автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору Краснобаеву В. А. и кандидату технических наук, доценту Польщикову К.А. за оказанную помощь и поддержку при проведении исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Інформатизація України. Концепція державної політики інформатизації. Основні напрями Національної програми інформатизації України / Під керівництвом В.С. Михалевича // Управляющие системы и машины. – 1994. – №4/5. – С. 7 – 21.
2. Про Концепцію Національної програми інформатизації. Закон України. – № 75/98-ВР від 04.02.98.
3. Концепция развития связи Украины до 2010 года, утвержденная постановлением Кабинета Министров Украины «Про Концепцію розвитку зв'язку України до 2010 року» от 9 декабря 1999 г. №2238.
4. Кучерявый, Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет [Текст] / Е.А Кучерявый – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
5. Куроуз, Дж., Компьютерные сети. 2-е изд. [Текст] / Дж. Куроуз, К.Росс – СПб.: Питер, 2004. – 765 с.
6. Столлингс, В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. [Текст]. / Столлингс В. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
7. Вегенша, Ш. Качество обслуживания в сетях IP [Текст]: Пер. с англ. / Ш. Вегенша. – М: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 386 с.
8. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных систем [Текст]. / В.М. Вишневский – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
9. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем [Текст] / В.В. Поповський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, Ю.І. Лосєв, Д.В. Агеєв та ін.: За ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», – 2006. – 564 с.
10. Lyubchenko Y.N. Technique of modeling the intensity of the real time traffic in a telecommunication network channel with switching packages [Текст] / Palschykov K.A., Rvachova N.V., Lyubchenko Y.N. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010р. Випуск 6(47). – С.312-315.

11. Любченко Е.Н. Анализ методов и технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Одарущенко О.Н., Любченко Е.Н. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – Харків: 2012 р. Випуск 7(59). – С.68-72.
12. Любченко Е.Н. Модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Одарущенко О.Н., Любченко Е.Н. // *Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии.* – 2012 р. Випуск 2(10Е) – С.100-106.
13. Kubrakova K.N. Methods and technologies analysis of the real-time traffic transmission requests servicing [Текст] / Polschykov K.A., Odaruschenko O.N., Kubrakova K.N. // *World Applied Programming.* – 2013р. Випуск 3(9). – С. 446-450.
14. Lyubchenko K.N. Analytic model of the real time traffic transmission requests service in a telecommunication network [Текст] / Polschykov K.A., Odaruschenko O.N., Lyubchenko K.N. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – Харків: 2013р. Випуск 5(64). – С.313-318.
15. Kubrakova K.N. Mathematical model for quality estimation of real time flows requests servicing in a telecommunications network [Текст] / Kubrakova K.N. // *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science: Proceedings of the International Conference TCSET'2014* – Львів: 2014 р.
16. Кубракова Е.Н. Модель нейро-нечеткого прогнозирования средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н., Краснобаев В.А. // *Системы обработки информации: сб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.* – Харків: 2014 р. – Випуск 2 (118). – С.193-197.

17. Кубракова Е.Н. Метод буферизации запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н. // Системи обробки інформації: зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – Харків: 2014 р. – Випуск 4 (120). – С.184-187.
18. Кубракова Е.Н. Математическая модель обслуживания запросов на резервирование пропускной способности каналов телекоммуникационной сети для передачи потоков реального времени [Текст] / Польщиков К.А., Кубракова Е.Н. // Проблеми телекомунікацій. – Харків: 2014 р. – Випуск 1(13). – С.74-83.
19. Гостев В.І. Системи автоматичного регулювання потужності передавача в каналах радіозв'язку [Текст] / В.І. Гостев, Н.І. Кунах, М.І. Науменко. – К.: Радіоаматор, 2007. – 332с.
20. Поповский В.В. Григорьева Т.И. Перспективы теории и практики телекоммуникаций [Текст] / Радиотехника. – Х.: ХНУРЭ.-2002, Вып.128. с.84-89.
21. Багатоканальний електровз'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / За редакцією Поповського В.В. – Харків: «Компанія СМІТ», 2003. – 512 с.
22. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов [Текст] / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 510 с.
23. Згуровський М., Сергієнко І. Інформаційні технології у сучасному суспільстві [Текст] // Вісн. НАН України. – 2000. – №12. – С. 9 – 16.
24. Сорока Л.С., Приходько С.И. Основы построения АСУ [Текст] – Харьков: ХВВКИУ, 1988. – 132 с.
25. Пивоваров А.Н. Методы обеспечения достоверности информации в АСУ [Текст] – М.: Радио и связь, 1982. – 325 с.

26. Танненбаум, Э. Компьютерные сети. 4-е изд [Текст] / Э. Танненбаум. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.
27. Блейхут, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов [Текст] / Р. Блейхут; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2003. – 960 с.
28. Кульгин, М. Компьютерные сети. Практика построения [Текст] / М.Кульгин – СПб.: Питер, 2003. – 464 с.
29. Закер, К. Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей [Текст] / К. Закер; пер. с англ. – СПб.: Санкт-Петербург-БХВ, 2004. – 1010 с.
30. Столлингс, В. Компьютерные сети, протоколы и технологии интернета [Текст] / В. Столлингс; пер. с англ. – СПб.: Санкт-Петербург-БХВ, 2005. – 832 с.
31. Рогинский, В.Н. Теория сетей связи [Текст] / В.Н. Рогинский, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс и др.; под ред. В.Н. Рогинского. – М.: Радио и связь, 1981. – 192 с.
32. Пескова, С.А., Кузин А.В., Волков А.Н. Сети и телекоммуникации [Текст] / С.А. Пескова, А.В. Кузин, А.Н. Волков – М.: Издательский центр "Академия", 2008. – 354с.
33. One-way transmission time, Magazine [Текст] / Vol. 35, no. 9, 1997 [3] ITU G.114; – International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1996.
34. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем [Текст] / В.В. Поповський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, Ю.І. Лосєв, Д.В. Агєєв та ін.: За ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», – 2006. – 564 с.
35. Шварц, М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ [Текст] / Ч.1: Пер. с англ. / М.Шварц – М.: Наука, 1992. – 336 с.
36. Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения [Текст] / В.В.Крылов, С.С. Самохвалова – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
37. Невдяев, Л.М. Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник [Текст] / Л.М. Невдяев. – М.: МЦНТИ, 2002. – 592 с.

38. Braden, R. Integrated Services in the Internet Architecture: an overview [Электронный ресурс] / R. Braden, D. Clark, S. Shenker // RFC 1633. Jun. 1994. – Режим доступа: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1633> – Загл. с экрана. (Дата обращения 04.04.2012).
39. Grossman, D. New Terminology and Clarifications for DiffServ [Электронный ресурс] / D. Grossman // RFC 3260, Apr. 2002. – Режим доступа: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3260.txt>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.02.2013).
40. Nichols, K. Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers [Электронный ресурс] / K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black // RFC 2474, Dec. 1998. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc2474>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 19.06.2013).
41. Awduche, D. RSVP-TE: Extensions for LSP-tunnels [Электронный ресурс] / D. Awduche, L. Berger, D. Gan // RFC 3209, Dec. 2001. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc3209>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.06.2013).
42. Волчков, В.П. Изучение структурных схем построения информационных сетей и расчет основных характеристик каналов связи [Электронный ресурс] / В.П. Волчков // Московский государственный институт электроники и математики (Технический университет), 1998. – Режим доступа: <http://www.studarhiv.ru/dir/cat32/subj126/view1293.html> – Загл. с экрана. (Дата обращения 19.01.2014).
43. Gevros, P. Congestion Control Mechanisms and the Best Effort Services Model. IEEE Network/ P. Gevros, J.Crowcroft, P. Rirstein, S.Bhatti, May/June 2001, pp. 16-26. Braden R. Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification. RFC 2205 [Электронный ресурс] / R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin September 1997. Режим доступа: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2205.txt>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 14.02.2014).

44. Rosen, E., Viswanathan A., Callon R. Multiprotocol Label Switching Architecture. RFC 3031 [Электронный ресурс] / E.Rosen, A. Viswanathan, R.Callon January 2001. Режим доступа: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3031.txt>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 28.03.2014).
45. Поповський, В.В. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем [Текст] / В.В. Поповський, С.О.Сабурова, В.Ф.Олійник та ін.; за ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», – 2006. – 564 с.
46. [RFC 2210](#) – The Use of RSVP with IETF Integrated Services. [Текст]: J. Wroclawski. September 1997, p.33.
47. RFC 2379 – RSVP over ATM Implementation Guidelines. [Текст]: L. Berger. August 1998, p.8.
48. RFC 2380 – RSVP over ATM Implementation Requirements. [Текст]: L. Berger. August 1998, p.14.
49. RFC 2382 – A Framework for Integrated Services and RSVP over ATM. [Текст]: E. Crawley, L. Berger, S. Berson, et al. August 1998, p.30.
50. RFC 2490 – A Simulation Model for IP Multicast with RSVP. [Текст]: M. Pullen, R. Malghan, L. Lavu, et al. January 1999, p.31.
51. RFC 2745 - RSVP Diagnostic Messages. [Текст]: A. Terzis, B. Braden, S. Vincent, L. Zhang. January 2000, p.23.
52. RFC 2746 – RSVP Operation over IP Tunnels. [Текст]: A. Terzis, J. Krawczyk, J. Wroclawski, L. Zhang. January 2000, p.25.
53. [RFC 2747](#) – RSVP Cryptographic Authentication. [Текст]: F. Baker, B. Lindell, M. Talwar. January 2000, p.21.
54. RFC 3936 Procedures for Modifying the Resource reSerVation Protocol (RSVP) / [Текст]: K. Kompella, J. Lang. October 2004, p.7.
55. RFC 4090 Fast Reroute Extensions to RSVP-TE for LSP Tunnels / [Текст]: P. Pan, Ed., G. Swallow, Ed., A. Atlas, Ed.. May 2005, p.38.
56. RFC 4420 Encoding of Attributes for Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switched Path (LSP) Establishment Using Resource ReserVation

Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) / [Текст] A. Farrel, Ed., D. Papadimitriou, J.-P. Vasseur, A. Ayyangar. February 2006, p.21.

57. RFC 4495 A Resource Reservation Protocol (RSVP) Extension for the Reduction of Bandwidth of a Reservation Flow / [Текст]: J. Polk, S. Dhesikan. May 2006, p.21.

58. RFC 4558 Node-ID Based Resource Reservation Protocol (RSVP) Hello: A Clarification Statement. [Текст]: Z. Ali, R. Rahman, D. Prairie, D. Papadimitriou. June 2006, p.7.

59. [RFC 2749](#) – COPS Usage for RSVP. [Текст]: J. Boyle, R. Cohen, D. Durham, S. Herzog, R. Rajan, A. Sastry. January 2000, p.17.

60. [RFC 2206](#)– RSVP Management Information Base Using SMIV2. [Текст]: F. Baker, J. Krawczyk, A. Sastry. September 1997., p.64.

61. RFC 2207– RSVP Extensions for IPSEC Data Flows. [Текст]: L. Berger, T. O'Malley. September 1997, p.14.

62. RFC 2208 – Resource ReSerVation Protocol (RSVP) [Текст]: – Version 1 Applicability Statement Some Guidelines on Deployment. A. Mankin, Ed., F. Baker, B. Braden, et al. September 1997, p.6.

63. RFC 2209 – Resource ReSerVation Protocol (RSVP) [Текст]: – Version 1 Message Processing Rules. R. Braden, L. Zhang. September 1997, p.25.

64. RFC 2210 – The Use of RSVP with IETF Integrated Services. [Текст]: J. Wroclawski. September 1997, p.33.

65. RFC 2379 – RSVP over ATM Implementation Guidelines. [Текст]: L. Berger. August 1998, p.8.

66. RFC 2380 – RSVP over ATM Implementation Requirements. [Текст]: L. Berger. August 1998, p.14.

67. RFC 2382 – A Framework for Integrated Services and RSVP over ATM. [Текст]: E. Crawley, L. Berger, S. Berson, et al. August 1998, p.30.

68. RFC 2490 – A Simulation Model for IP Multicast with RSVP. [Текст]: M. Pullen, R. Malghan, L. Lavu, et al. January 1999, p.31.

69. RFC 2745 – RSVP Diagnostic Messages. [Текст]: A. Terzis, B. Braden, S. Vincent, L. Zhang. January 2000, p.23.
70. RSVP Operation over IP Tunnels. [Текст]: A. Terzis, J. Krawczyk, J. Wroclawski, L. Zhang. January 2000, p.25.
71. RFC 2747 – RSVP Cryptographic Authentication. [Текст]: F. Baker, B. Lindell, M. Talwar. January 2000, p.21.
72. RFC 2749 – COPS Usage for RSVP. [Текст]: J. Boyle, R. Cohen, D. Durham, S. Herzog, R. Rajan, A. Sastry. January 2000, p.17.
73. RFC 3210 – Applicability Statement for Extensions to RSVP for LSP-Tunnels. [Текст]: D. Awduche, A. Hannan, X. Xiao. December 2001, p.8.
74. RFC 3477 Signaling Unnumbered Links in Resource ReSerVation Protocol [Текст]: – Traffic Engineering (RSVP-TE).К. Kompella, Y. Rekhter. January 2003, p.9.
75. RFC 2750 – RSVP Extensions for Policy Control. [Текст]: S. Herzog. January 2000. p.13.
76. Польщиков К.А. Управление услугами информационной сети [Текст]/ К.А. Польщиков, В.А. Струць, А.О. Волков// Материалы 8-го Международного молодежного форума. – Х.:ХНУРЭ, 2004. –с.59.
77. Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. Серия изданий «Связь и бизнес» [Текст]/ – М.: ИТЦ «Мобильные телекоммуникации», 2003. – 384с.
78. Стеклов В.К. Управління в телекомунікаційних системах. [Текст] / В.К. Стеклов, Е.В. Кільчицький – К.:Наука. 2002. – 384с.
79. Zhou Ling. A QoS enabled MAC Protocol for Multihop Ad hoc Wireless Networks [Текст] / Zhou Ling, L. Ananda and Lillykutty Jacob, – in Proc. of IEEE International Performance Computing and Communication Conference, April 2003.
80. Kanodia Vikram. Distributed Priority Scheduling and Medium Access in Ad hoc Networks [Текст] / Vikram Kanodia, Chengzhi Li, – Wireless Networks 8, 455-466, 2002.

81. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б.Скляр, пер. с англ. – М.: Издат. Дом "Вильямс". – 2003. – 1104 с.
82. Польщикова К.О. Метод управління тайм-аутом повторної передачі в телекомунікаційній мережі військового призначення на основі використання системи нейро-нечіткого виводу [Текст] // К.О. Польщикова – Збірник наукових праць. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2008. – Вип. 3. – С. 98-108.
83. Touch, J.D. Mirage: A Model for Latency in Communication. [Електронний ресурс] / J.D Touch Ph.D. Dissertation, Univ. of Penn, MS-CIS-92-42, DSL-11, Jan. 1992. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/touch/pubs/mirage/ch2.pdf> – Загл. с экрана. (Дата обращения 04.08.2012).
84. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя [Текст] / Дьяконов В.П. – М.: СОЛОН-Пресс. – 2002. – 768 с.
85. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания [Текст] / Л. Клейнрок; пер. с англ., ред. В.И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
86. Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания [Текст] / В.Г. Ушаков, В.Ф. Матвеев – Москва: Издательство МГУ, 1984. – 240 с.
87. Вентцель, Е.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие для втузов [Текст] / Е.А. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высшая школа, 2002. – 383 с.
88. Лосев Ю.И. Адаптивная компенсация помех в каналах связи [Текст] / Лосев Ю.И., Бердников А.Г., Гойхман Э.Ш. // Радио и связь: - М. 1988г.
89. Польщикова К.О. Аналітична модель процесу доставки інформаційного повідомлення в мобільній радіомережі спеціального призначення [Текст] // Науковий вісник ДДМА. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – №1 (7Е). – С. 159 – 165.

90. Лосев Ю. И., Руккас К. М. Методика определения вероятности доставки пакетов за заданное время [Текст] // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 2 (2). – С. 69–76.
91. Polshchikov, K.O. Synthesis of neuro-fuzzy systems of data flows intensity control in mobile ad-hoc network [Текст] / К.О. Polshchikov // Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 23rd International Crimean Conference. – Sevastopol, 2013. – P. 517–518.
92. Усков, А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика [Текст] / А.А.Усков, А.В. Кузьмин – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 143 с.
93. Гавилов, А.В. Гибридные интеллектуальные системы [Текст] / А.В. Гавилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 142 с.
94. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст] / А.В. Леоненков – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 703 с.
95. Takagi, T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control [Текст] / Т. Takagi, М. Sugeno – IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 15, no. 1, 1985, pp. 116-132.
96. Rumelhart, D. E. Learning Internal Representations by Error Propagation, In Parallel Distributed Processing [Текст] / D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, R. J Williams, t. 1, Rumelhart D. E. and McClelland J. L., Eds. – Cambridge, MA, M.I.T. Press, 1986.
97. Лазарев, Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие [Текст] / Ю.Ф. Лазарев – К.: НТУУ «КПИ». – 2003. – 425 с.
98. Диагностика сетей [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://www.lanit-partner.ru/Company/net_diag.html. – Загл. с экрана. (Дата обращения 04.04.2014).
99. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание [Текст] : Пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003, – 864с.

100. Усачев А.М. Разработка требований к экспертной системе поддержки принятия решения при управлении сетью обмена данными [Текст] / А.М. Усачев, В.Н. Резцов – искусственный интеллект. – Д.: Национальная академия наук Украины. Институт проблем искусственного интеллекта, 2001. – с.27-34.
101. Невмержицкий И.М. Методика оценки эффективности протокола транспортного уровня TCP/IP [Текст] / И.М. Невмержицкий, С.В. Шаповалов, К.А. Польщиков – Радиотехника. – Х.: ХНУРЭ. – 2001 – вып.121, с.203-205.
102. Паркер Т. TCP/IP Для профессионалов [Текст] / Т. Паркер, К. Сиян. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. 859с.
103. Польщиков К.О. Управління інтенсивністю передавання даних в інформаційних мережах, що здійснюються на транспортному рівні моделі OSI: методи, проблеми та шляхи удосконалення [Текст] / К.О. Польщиков, Н.В. Рвачова, В.В. Шкіцький // Інформаційні інфраструктури та технології. – Полтава, 2009, вип.1, с.55-58.
104. Alekseev I.V. ARTCP: Efficient Algorithm for Transport Protocol for Packet Switched Networks [Текст] / I.V. Alekseev, V.A. Sokolov// Proc. Of PaCT 2001. – Springer-Verlag, 2001, Vol.2127, p.159-174.
105. Brakmo L. TCP Vegas: End to End Congestion Avoidance on a Global Internet [Текст] / L. Brakmo, L. Peterson// IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 13 (8), 1995.
106. Міночкин А.І. Системи імітаційного моделювання мереж зв'язку [Текст] / А.І. Міночкин, В.А. Романюк // Збірник наукових праць. – К.: ВІПІ НТУУ «КПІ», 2003. – Вип. 1. – с.84-87.
107. Польщиков К.О. Імітаційна модель активного управління чергою на основі методу випадкового завчасного виявлення перевантаження в телекомунікаційній мережі [Текст] / К.О. Польщиков, С.В. Дружинін, Ю.М. Здоренко // Системи управління, навігації та зв'язку . – К.: ЦНДІНУ, 2009 – Вип. 4 (12). – с.169-174.

108. Рвачова Н.В. Аналитическая модель процесса доставки информационного сообщения в беспроводной телекоммуникационной сети [Текст] / Н.В. Рвачова // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: «ХАІ», 2010 – Вип. 5(46). – С. 270 – 276
109. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А.Б. Сергиенко. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006, 751с.
110. Позняк Є.В. Засоби передачі потокового TCP-трафіку на базі NDIS та MATLAB для умов високого джиттеру [Текст] / Є.В. Позняк, М.І. Губенко// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця, 2009, №1, с.62-66.

