

3. Старков А.М. Подход к формированию критериев технического управления виртуальной вычислительной сетью корпоративного типа / И.Б. Саенко, А.М. Старков // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий: материалы IV межрегиональной научно-практической конференции Севастополь, 2018. Севастополь: СевГУ, 2018. С. 259-260.

Волков Денис Владимирович, преподаватель, denmarath@mail.ru, Россия, Санкт-Петербург, Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

MULTI-AGENT NETWORK MODEL FOR SPECIAL PURPOSE DATA TRANSMISSION

D.V. Volkov

The article discusses the modeling of a special-purpose data network based on multi-agent approach. Based on this approach, a multi-agent model of a special purpose data network is built. The author presents the results of a simulation of a special purpose data transmission network, which make it possible to visually assess the network bandwidth and conduct various experiments on this model.

Key words: agent, agent modeling, special purpose data network, bandwidth.

Volkov Denis Vladimirovich, teacher, denmarath@mail.ru, Russia, St. Petersburg, Marshal of the Soviet Union Military Academy of Communications named after S.M. Budyonny

УДК 621.396

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА В СЕТЯХ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Н.И. Мясин, В.В. Силаев

Рассматривается моделирование распределения канального ресурса в сетях с коммутацией пакетов. Приведены базовая модель и пример расчёта требуемого канального ресурса звена мультисервисной сети связи при обслуживании сервисов реального времени. Исследуется проблема вытеснения малоресурсоёмкими заявками сообщений, для передачи которых требуется больший объём ресурсов.

Ключевые слова: сервис реального времени, качество обслуживания, мультисервисная сеть связи, вероятность потерь.

Начавшееся еще в начале 80-х годов XX века интенсивное развитие вычислительных технологий и цифровизация сетей телефонной связи привели к интеграции телекоммуникационных сетей и информационных систем. При этом достоинства коммутации пакетов, такие как более эффективное по сравнению с коммутацией каналов использование канального ресурса, гибкая маршрутизация и адресация, возможность передавать разнородный трафик оказали существенное влияние на облик телекоммуникационного рынка. Стремительный рост спроса на услуги доступа к ресурсам сети Internet, а также развитие высокоскоростных технологий на сетях доступа, систем широкополосного беспроводного доступа привело к появлению парадигмы сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Network).

Общими характеристиками *NGN*, определенными *ITU-T* и *ETSI*, являются разделение функций переноса информации и функций управления переносом информации через сеть, а также отделение функций услуг и приложений от собственно связных функций. Таким образом, речь идет о распределенной архитектуре, в которой связь между компонентами осуществляется исключительно через открытые интерфейсы.

Архитектуру сетей *NGN* принято представлять в виде совокупности слоев – слоя опорной пакетной сети, слоя управляющих серверов, независимого слоя, где размещаются платформы предоставления разнообразных услуг, и слоя абонентских устройств. Причем эти слои связаны между собой открытыми интерфейсами, в результате чего и реализуется основная идея *NGN* – «общение без границ».

Такая плоскостная архитектура – краеугольный камень *NGN*, она позволит повысить эффективность операторской деятельности и предоставить открытые интерфейсы сторонним разработчикам. Но оператору открыть интерфейс к сторонним разработчикам будет непросто технологически, хотя Интернет показывает пример работы в открытой среде.

Рекомендация *ITU-T Y.2011* «Базовая архитектура сетей следующего поколения *NGN*» включает 4 основных функциональных уровня (рис.1):

- уровень доступа, содержащий сеть абонентского доступа к транспортной пакетной сети;
- транспортный уровень, включающий магистральную сеть, построенную на базе протоколов пакетной коммутации;
- уровень управления включает совокупность функций по управлению всеми процессами в телекоммуникационной сети;
- уровень услуг, содержащий логику выполнения услуг и приложений и управляет этими услугами, имеет открытый интерфейс для использования сторонними организациями.

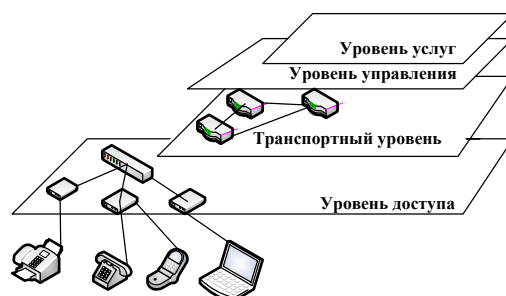


Рис. 1. Представление архитектуры *NGN*

Оптимальным будет решение, в котором перенастройка любого из вышележащих уровней не потребует никакой адаптации нижележащих. Эта особенность гарантирует гибкость и универсальность системы и способна дать реальные конкурентные преимущества компании, владеющей подобной инфраструктурой.

Изменились сами терминальные устройства, изменились и предоставляемые пользователям телекоммуникационные услуги. В настоящее время появился устойчивый термин – *инфокоммуникационные услуги*, имеющие ряд характерных отличий от традиционных телекоммуникационных услуг, а именно – передача мультимедийной информации, которая характеризуется высокими скоростями передачи и несимметричностью входящего и исходящего информационных потоков. Следует отметить, что к инфокоммуникационным услугам предъявляется ряд специфических требований: мобильность, гибкость (возможность быстрого создания новых услуг) и гарантированное качество предоставления услуг.

Тенденции к постепенному вытеснению традиционных технологий коммутации каналов, применяющихся на телефонных сетях связи общего пользования, технологиями коммутации пакетов и рост спроса на передачу *IP*-трафика будут сохраняться. Согласно прогнозам специалистов в России в период с 2018 по 2021 гг. *IP*-трафик возрастет более чем в два раза при темпах прироста 17 %. Также прогнозируется прирост «мобильного» трафика. Так, в 2016 г. доля пакетного трафика, передаваемого в сетях сотовой связи составляла 13 % от общего *IP*-трафика отечественного сегмента, то на 2021 г. прогнозируется, что эта величина составит уже 28 %, а годовой прирост составит 37 %.

Таким образом, с начала XXI в. технологический облик телекоммуникационных сетей значительно изменился, следовательно, и научный инструментарий, применяемый для планирования и развития телекоммуникационных сетей, должен быть адаптирован под новые задачи.

Этим инструментарием для анализа и синтеза сетей связи является теория телетрафика. Общая цель теории телетрафика может быть сформулирована так: построение математических моделей, отображающих реальные процессы в системах распределения информации, и разработка методов оценки качества их функционирования. Модели должны учитывать особенности формирования входных потоков заявок в перспективных сетях и давать возможность анализировать действие управленческих функций оператора, направленных на повышение эффективности использования канального ресурса. В данной статье рассмотрена модель оценки канального ресурса для передачи трафика сервисов реального времени, а также приведен пример расчета фрагмента мультисервисной сети связи.

Переход на пакетные технологии не меняет восприятия абонентом качества получаемого сервиса. Передача информации пользователя должна идти без задержек в точках коммутации. Если доля потерянных пакетов фиксирована и не превышает заданной нормированной величины, то качество обслуживания абонента определяется доступностью канального ресурса (долей потерянных заявок).

При построении моделей оценки канального ресурса для обслуживания трафика сервисов реального времени вводится ряд ограничений:

- предполагается, что объем выделяемого ресурса не меняется за время соединения;

- средняя длительность обслуживания заявки фиксирована для каждого потока.

Общим для рассматриваемых в дальнейшем моделей является наличие эффективного алгоритма вычисления точных значений показателей качества совместного обслуживания заявок. В данной статье предлагается рассмотреть две модели.

Первая – базовая – рассматривает процесс совместного использования канального ресурса звена мультисервисной сети произвольным числом пуассоновских потоков заявок, различающихся интенсивностью поступления, количеством ресурса, выделяемого для обслуживания одной заявки, и временем его занятия на передачу информации пользователя. Основной областью использования данной является определение необходимого канального ресурса для передачи трафика сервисов реального времени. Для моделей мультисервисных систем связи схема занятия канального ресурса зависит от типа поступившей заявки. Выделение группы однородных событий, описывающих последовательность моментов поступления заявок, не приводит их к одному потоку. Процесс обслуживания каждой группы следует рассматривать отдельно.

Вторая модель является обобщением базовой по схеме формирования входных потоков заявок. Сохранив полностью схему функционирования базовой модели, изменим процесс моделирования интервала времени между последовательными поступлениями заявок на выделение канального ресурса от каждого из входных потоков. В

обобщенной модели заявки k -го потока поступают через интервал времени, имеющий экспоненциальное распределение с параметром λ_k (как и в базовой модели), однако теперь параметр распределения будет зависеть от значения i_k – числа заявок k -го потока уже находящихся на обслуживании.

В качестве примера рассмотрим звено мультисервисной сети связи (МСС) произвольной топологии (рис.2).

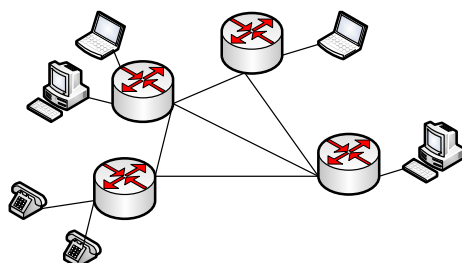


Рис. 2. Звено мультисервисной сети произвольной топологии

Предположим, что в рассматриваемом фрагменте МСС различным терминальным оборудованием генерируется n информационных потоков. В модели имеется n потоков заявок на выделение канального ресурса, необходимого для обслуживания трафика сервисов реального времени. Предполагается, что формируемые терминальным оборудованием информационные потоки различны по своей ресурсоемкости и требуют различную пропускную способность, но передаются по некоторому общему каналу связи (рис.3).

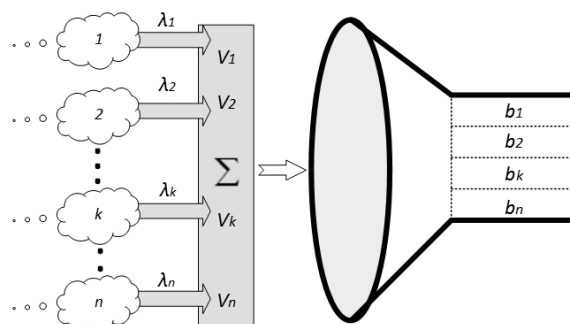


Рис. 3. Представление обобщенной передачи информационных потоков по общему каналу связи

Поступление заявок k -го потока подчиняется закону Пуассона с интенсивностью λ_k , где $k=1,2,\dots,n$. Влияние размеров группы пользователей на создаваемый ими поток заявок пренебрежительно мало и её можно считать бесконечной.

Пусть v – скорость передачи информации мультисервисной линии, выраженной в единицах канального ресурса, требуемого для обслуживания поступающих заявок, b_k – число единиц канального ресурса (ЕКР) линии, необходимого для обслуживания одной заявки k -го потока, а $\frac{1}{\mu_k}$ – среднее время занятия канального ресурса на её обслуживание, $k=1,2,\dots,n$. Длительности времени на обслуживание заявок имеют экспоненциальное распределение и не зависят друг от друга и от входных потоков.

Поступающие заявки обслуживаются на основе модели с явными потерями, то есть они получают отказ, и не возобновляются ни в каком виде, если для их допуска в сеть не хватает необходимого объема канального ресурса.

Формально процедуру приема заявок можно записать так: пусть i_k – число заявок k -го потока, находящихся на обслуживании, а i – общее число единиц ресурса линии, занятых обслуживанием заявок всех потоков. Причем:

$$i = \sum_{k=1}^n b_k i_k.$$

Тогда заявка k -го потока принимается к обслуживанию, если выполняется неравенство $i + b_k \leq v$. И наоборот, если $i + b_k \geq v$, то поступившая заявка теряется без обновления.

Для поиска требуемой величины ЕКР в данном случае предлагается использовать рекурсивный алгоритм. В данном случае, рекурсивный алгоритм основан не на вычислении вероятностей отдельных состояний $(i_1, i_2 \dots i_n)$, а на использовании значений вероятностей пребывания $i(t)$ во множестве состояний $S_r \subset S$, куда входят состояния $(i_1, i_2 \dots i_n) \in S$, удовлетворяющие условию:

$$i_1 b_1 + i_2 b_2 + \dots + i_n b_n = r.$$

Значение r меняется от 0 до v и показывает, сколько единиц ресурса цифровой линии используется всеми поступающими потоками для передачи своих сообщений.

Приведем пример расчета узла мультисервисной сети по традиционной схеме базовой модели. Традиционная схема подразумевает выполнение следующих действий:

1. Задаются исходные данные: значения входных параметров $a_k, b_k, i_k, v, k=1 \dots n$.

Таблица 1

Исходные данные

k	a_k	b_k	i_k
1	6	5	6
2	5	11	5
3	7	7	7
4	5	12	5
5	7	4	7

Произведем расчет для $v=15$.

- функционал, зависящий от рассчитываемых характеристик качества обслуживания заявок и другие параметры;

- нормированные значения функционала, задаваемое соответствующими регламентирующими документами, используемое для оценки достаточного канального ресурса, примем значение $\pi_2 \leq 0.1$ и будем считать его нормированным.

- начальное значение канального ресурса r_0 , для данного случая:

$$r_0 = \sum_{k=0}^n a_k b_k = 539.$$

2. Производится расчет значения функционала с использованием рекурсивного алгоритма:

1) Дается $P(0)=1$ (стационарная вероятность нахождения i_k заявок на обслуживании).

2) Выражаются значения вероятностей $P(i), i=1,2,\dots, v$ через $P(0)$, используя соотношение:

$$P(i) = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^n a_k b_k P(i - b_k) I(i - b_k \geq 0),$$

где I – индикаторная функция, определяемая равенством:

$$I(\cdot) = \begin{cases} 1, & \text{если условие в скобках выполняется} \\ 0, & \text{если условие в скобках не выполнено} \end{cases}$$

и последовательно увеличивая I от 1 до v .

3) Находится величина нормированной константы

$$N = \sum_{i=0}^v p(i) = 76,536$$

4) Определяются нормированные значения вероятностей $p(i)$

$$p(i) = \frac{P(i)}{N}$$

5) Вычисляется величина введенных показателей качества совместного обслуживания заявок для каждого из n анализируемых потоков

$$\pi_k = \sum_{i=v-b_k+1}^v p(i), \quad m_k = a_k b_k (1 - \pi_k).$$

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рассчитанные значения π_k, m_k .

k	π_k	m_k
1	0.442	8.363
2	0.157	8.43
3	0.244	9.067
4	0.682	13.337
5	0.339	5.287

Рассчитывается значение функционала. Для трафика сервисов реального времени в качестве такого функционала можно взять значение доли потерянных заявок. Она определяется из равенства:

$$\pi = \max_{1 \leq k \leq n} \pi_k.$$

Другая возможность – использовать значение доли π потерянного предложенного трафика, выраженного в канальных единицах, от величины предложенного трафика. Выражение имеет вид:

$$\pi = \frac{a_1 b_1 \pi_1 + a_2 b_2 \pi_2 + \dots + a_n b_n \pi_n}{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n} = 0,489.$$

3. Значение функционала сравнивается с нормированной величиной. Если канального ресурса недостаточно, то его объем увеличивается, и расчеты повторяются. В противном случае задача оценки канального ресурса считается решенной. В нашем случае $0,1 < 0,489$, поэтому увеличим объем канального ресурса. При $v=34$ получаем $\pi = 0,1$, что соответствует норме.

Следует отметить, что вычислительная сложность предложенного рекурсивного алгоритма определяется усилиями, затрачиваемыми на вычисление ненормированных вероятностей $P(r)$ в соответствии с шагом 2. При $n = const$ время счёта увеличивается линейно с ростом объема канального ресурса (V).

Направлением дальнейших исследований можно считать рассмотрение поведения модели при поступлении разных по ресурсоемкости потоков информации, то есть когда один вид заявок требует больший канальный ресурс, чем другой. Таким образом, дальнейшее совершенствование базовой модели может использоваться при решении задач анализа и синтеза фрагментов мультисервисных сетей связи.

Список литературы

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. М.: Эко-Трендз, 2010. 392 с.
2. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
3. Разработка телетрафика и планирование сетей: учеб. пособие / Иверсен В.Б.; пер. с англ. Под ред. А.Н.Берлина. М.: Национальный открытый Университет «ИНТУИТ»: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 526 с.
4. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. М.: Радио и связь, 2000.
5. Пшеничников А.П., Васькин Ю.А., Степанов М.С. Распределение канального ресурса при обслуживании мультисервисного трафика // t-comm-Телекоммуникации и транспорт. № 4. 2009.
6. Буяльский А.Л. Алгоритмы снижения задержек при информационном взаимодействии систем в гетерогенных средах: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2004. 154 с.
7. Васькин Ю.А. Анализ влияния параметров трафика на пропускную способность сети доступа к информационным ресурсам // Электросвязь. 2010. № 4. С. 37-41.

Мясин Николай Игоревич, канд. техн. наук, доцент, сотрудник Академии ФСО России, staryi_nik@mail.ru, Россия, Орёл, Академия ФСО России,

Силаев Василий Владимирович, сотрудник Академии ФСО России, staryi_nik@mail.ru, Россия, Орёл, Академия ФСО России

*SIMULATION OF CHANNEL RESOURCE ESTIMATION
IN PACKET-SWITCHED NETWORKS*

N.I. Myasin, V.V. Silaev

The article deals with the modeling of channel resource distribution in packet-switched networks. The basic model is considered and the example of calculation of the required channel resource of a link of multiservice communication network at service of services of real time is given. The article deals with the problem of displacement of low-resource applications messages, for the transition of which requires a larger amount of channel resource.

Key words: real time services, quality of service, multiservice communication network, probability of loss.

Myasin Nickolay Igorevich, candidate of technical sciences, docent, staffer of Academy of FGS of Russia, staryi_nik@mail.ru, Russia, Oryol, Academy of FGS of Russia,

Silaev Vasiliy Vladimirovich, staffer of Academy of FGS of Russia, staryi_nik@mail.ru, Russia, Oryol, Academy of FGS of Russia