

УДК 004.7

## ВЫЧИСЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА УЗЛАХ АСИНХРОННОЙ СЕТИ

**Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С.**

*Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова, Шымкент,  
e-mail: kemel\_zhan@mail.ru*

В настоящее время общество во всем мире и во всех отраслях человеческой деятельности переживает процесс информатизации, растут потребности пользования и непрерывно увеличивается обмен информацией различного типа. Услуга цифровой связи становится самой важной частью в образе жизни человека, а также в экономическом развитии страны и мира. В связи с этим особую актуальность приобретает проведение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ в области телекоммуникационной сети, получившей название «цифровая сеть с интеграцией служб». Цифровые сети с интеграцией служб как раз и являются тем средством, которое позволяют решить ряд проблем, таких как интенсивное развитие услуги телекоммуникационной цифровой связи на новых идеологических и технологических уровнях. Обмен информацией в сетях связи в цифровой форме имеет следующие преимущества: высокий уровень помехоустойчивости и наиболее высокое качество передачи данных; возможность использования стандартных надежных и дешевых интегральных схем, что значительно снижает стоимость систем коммутации и уплотнения, которые являются определяющими в стоимости всей сети; большую возможность при объединении и обработки информации различных видов в цифровой форме. В связи с этим, рассмотрена широкополосная цифровая сеть с интеграцией служб, на основе АТМ-технологии, в которой реализуется итерационный метод, где распределение потоков задается матрицей маршрутов, а распределение нагрузки между узлами каждой парой узлов производится по дереву путей, получаемому по матрице маршрутов при расчете данной пары.

**Ключевые слова:** широкополосные цифровые сети с интеграцией служб, час наибольшей нагрузки, узлы коммутации, коммутации каналов, коммутации пакетов

## CALCULATION OF LOAD DISTRIBUTION AT NODES OF AN ASYNCHRONOUS NETWORK

**Sembiev O.Z., Kemelbekova Zh.S.**

*M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, e-mail: kemel\_zhan@mail.ru*

At present, society throughout the world and in all branches of human activity is undergoing the process of informatization, the growth rate of needs for using and exchanging various types of information is constantly increasing, while communication services are becoming not only an integral part of people's lifestyles, but also an important factor in the country's economic development and peace. In this connection, fundamental and applied research and development work in the field of telecommunications network, called the digital network with the integration of services, is of particular relevance. Digital networks with the integration of services are just the means to solve the problem of the intensive development of telecommunications at the new ideological and technological levels. Delivering information in digital form has several advantages: high noise immunity and higher transmission quality; the ability to use standard reliable and cheap integrated circuits, which significantly reduces the cost of switching and sealing systems, which are decisive in the cost of the entire network; wide possibilities of combining and processing various types of user information converted into digital form. In this regard, a broadband digital network with the integration of services is considered, based on ATM technology, in which an iterative method is implemented, where the flow distribution is given by a route matrix, and the load distribution between nodes is produced by a pair of nodes routes when calculating this pair.

**Keywords:** digital broad bands with integration of services, o'clock of the most loading, knots of commutation, switching of channels, commutation of packages

С каждым годом увеличивается процесс сближения компьютерных и телекоммуникационных сетей различных видов. Для этого создаются цифровые сети, которые предоставляют услуги как для компьютерных сетей, так и телекоммуникационных сетей связи, так называемая мультисервисная сеть [1].

Широкополосные цифровые сети с интеграцией служб (Ш-ЦСИС), построенные на асинхронную передачу данных (АТМ), являются сетью которая способна обеспечить реализацию самых различных видов приложений с параметрами качества об-

служивания в высокоскоростной сетевой среде [2]. Для краткости в дальнейшем широкополосную цифровую сеть с интеграцией служб, построенную на основе АТМ-технологии, будем называть сетью АТМ.

Сеть АТМ – это сеть которая относится к сетям с устанавливающим постоянные и динамические соединения. Постоянные соединения устанавливаются и разрываются с помощью администратора сети, его действия продолжительны, т.е. соединения постоянные и для каждого нового обмена информацией между абонентами на его установление не нужно тратить время. Ди-

намические соединения устанавливаются и ликвидируются автоматически, при каждом обмене информацией. При постоянном и динамическом соединении указывается заголовок ячеек и получают свой идентификатор и для установления соединения на выбранном пути назначения каждому коммутатору следования передаются соответственные идентификаторы и порты коммутаторов. Коммутатор, который распознал идентификатор должен направить ячейку в нужный порт. В заголовке указать адрес получателя и отправителя не требуется, так как заголовок короткий – всего 5 байтов [3].

Цель исследования: разработка метода распределения канальных ресурсов сети АТМ для вычисления статистических параметров, характеризующих качество обслуживания в передаче информационного трафика методом коммутации каналов и коммутации пакетов. В рамках сформулированной цели ставятся и решаются следующие задачи: анализ и исследование сети Ш-ЦСИС на основе технологии АТМ и разработать метод формирования узловой нагрузки многоканальных вызовов (МВ) режима коммутации каналов (КК) по матрице маршрутов с обходными направлениями передачи к узлу-адресату; формализовать общую постановку задачи данной проблемы в математическом виде и разработать метод ее решения.

Для объяснения дадим следующее определение: коммутация сети – это механизм соединения нескольких каналов, существующих независимо друг от друга, составляющих один основной канал, создающий на время связи, в котором с узла-отправителя до узла-адресата можно было обмениваться информацией. Компоненты для коммутируемого канала состоят из свободных, доступных каналов, которые находятся рядом для нужного направления. Коммутация в цифровой сети связи соединение каналов с помощью операций цифрового сигнала без его превращения в аналоговый сигнал [4].

Далее, исследуя многоканальные вызовы в режиме коммутации каналов сети АТМ, определены две основные категории для анализа трафика в двух системах: система с потерями и система с ожиданием [5]. Выбор категории соответствующего метода анализа трафика для определенной системы выбирается от способа распределения системой избыточного трафика. Вероятность отказа при системе с потерями является основным критерием работы системы с потерями. Вероятностью блокировки это процесс организации контролирующего доступа каналов для использования ресурса [4, 5].

Во всех современных компьютерных сетях почти все исходящие данные передаются с помощью цифрового сигнала, очередностью импульсов. При передаче данных может потребоваться более двух степеней сигнала и при этом разовый импульс сигнала может показывать не один бит, а несколько битов. Не исключено, что для надёжной передачи данных может расходоваться два импульса сигнала для одного бита [6].

Один из оптимальных методов быстрой коммутации каналов для передачи информации и пакетов в асинхронном режиме переноса информации сети АТМ используется минимальное число операций. Режим передачи данных в сети АТМ определяется такими особенностями, как отсутствие управления трафиком и от ошибок потоком данных: установка на соединении; короткий заголовок пакета; относительно обусловленной длиной данных пакета [7].

Рассмотрим широкополосную цифровую сеть с интеграцией служб, на основе АТМ-технологии, в которой используется метод гибридной коммутации, имеющийся гибридных узлов коммутации (ГУК) и связывающийся их интегральным групповым трактом (ИГТ). Все узлы обеспечены специальными коммутационными функциями, уровень интеграции позволяет возможность доступа к ней абонентов для передачи разнородной информации.

Допустим, что  $G^u(j) = \{V^u(j); L^u(j)\}$  – дерево путей передачи информации из узла-отправителя  $u$  до узла-адресата  $j$ , где  $V^u(j)$  – множество узлов дерева,  $L^u(j) = \{(i, k) | i, k \in V^u(j)\}$  – множество его ветвей [8]. Можно через  $K^u(j)$  обозначить множество таких узлов  $k$ , которые до адресата  $j$  создают все исходящие из узла  $i$  распределение передачи данных  $(ik)$  по дереву путей  $G^u(j)$ . Для создания дерева путей между парой узлов избираются соответствующие столбцы матриц маршрутов от первого узла и всех находящихся рядом транзитных узлов.

Далее дадим следующее обозначение:

$$h_{ik}(j) = \varphi_{ik}(j)[1 - p_{ik}(j)]; \forall i, k, j \in V, \quad (1)$$

здесь  $h_{ik}(j) \in [0, 1)$  – параметр пропущенной ветвью  $(ik)$  нагрузки  $t_i(j)$ . Функция  $h_{ik}(j)$  определяет условную вероятность передачи нагрузки  $t_i(j)$  через ветвь  $(ik)$ , при блокировке обслуживанием всех транзитных узлов этой ветви в данном направлении.

Далее  $h_{ik}(j)$  будем обозначать вероятностью обслуживания нагрузки  $t_i(j)$  на ветви  $(ik)$  и значение  $h_{ik}(j) t_i(j)$  – обозначим пропущенной ветвью  $(ik)$  при передаче нагрузки.

Следующее формула определяет все транзитные узлы на каждом узле дерева

$$t_i^u(k, j) = t_i^u(i, j) \cdot h_{li}(j), \quad (2)$$

здесь  $(li) \in L^u(j)$ , и  $i, j, k, l \in V^u(j)$ . Без потери общности, полагаем, что для всех узлов дерева путей  $i = u$ , значение  $t_i^u(k, j) = r_i^u(j)$ , а для узлов,  $i, k = j$  значение  $t_j^u(j, j) = t_j^u(j)$ .

Можно сказать, что независимо от выбора исходящих из него направлений, кроме первого узла, все узлы дерева путей значения всех транзитных нагрузок будут одинаковыми. Исходя из этого, для любого узла  $i \in V^u(j)$ , ( $i \neq u$ ) и всех узлов  $k_m \in K^u(j)$ ,  $m = 1, 2, \dots, s$  выбираем следующее соотношение

$$t_i^u(k_1, j) = t_i^u(k_2, j) = \dots = t_i^u(k_s, j) = r_i^u(j), \quad (3)$$

здесь  $r_i^u(j)$  – входная нагрузка, поступившая на узел  $i$  и направляющая узлу  $j$ ,  $s$  – число направлений исходящих из узла  $i$ . В этом случае входные и транзитные нагрузки по существу не отличаются друг от друга. Далее транзитные нагрузки эффективно использовать при расчете узловых нагрузок на любом узле графа  $G$ , которые направляются соседними узлами по определенному установленному направлению [9].

$$g_{ik}^u(j) = t_i^u(k, j) \cdot h_{ik}(j). \quad (4)$$

Эта формула определяет структуру распределения входной нагрузки  $r_i^u(j)$  по дереву путей  $G^u(j)$ . Таким образом, мы

определили распределение нагрузки режима коммутации каналов на узлах асинхронной сети.

Покажем реализацию алгоритма на конкретном численном примере. Построение дерева путей по матрицам маршрутов. Пусть заданы сеть, представленная на рис. 1, и матрицы маршрутов для каждого узла.

Строки матрицы маршрутов соответствуют номерам исходящих направлений в порядке их выбора, а столбцы – номерам узлов назначения. Элемент матрицы  $m_{ij}$  – номер соседнего узла в  $i$ -м обходном направлении к  $j$ -му узлу. Построим дерево путей для пары узлов (1, 2), полагая, что длина каждого пути не превышает четырех транзитных участков. Для составления дерева определяем соответствующие столбцы матриц маршрутов от начального и транзитных узлов:

$$M_i = \begin{matrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} \text{ùùù=ù§} \\ 2 \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \\ 10 \dots \dots \dots \end{bmatrix}.$$

Из матрицы  $M_i$  определяем ветви 1 и 2 дерева, оканчивающиеся соответственно узлами 2 и 12 (рис. 2).

На рисунке неокрашенными кружками обозначены номера ИГТ. Пропускная способность и число каналов для каждого тракта равна  $C_j = 10$  бит/с,  $N_j = 50$ . Время обслуживания одного вызова сети КК равно  $1/C_{j,j} = 60$  с.

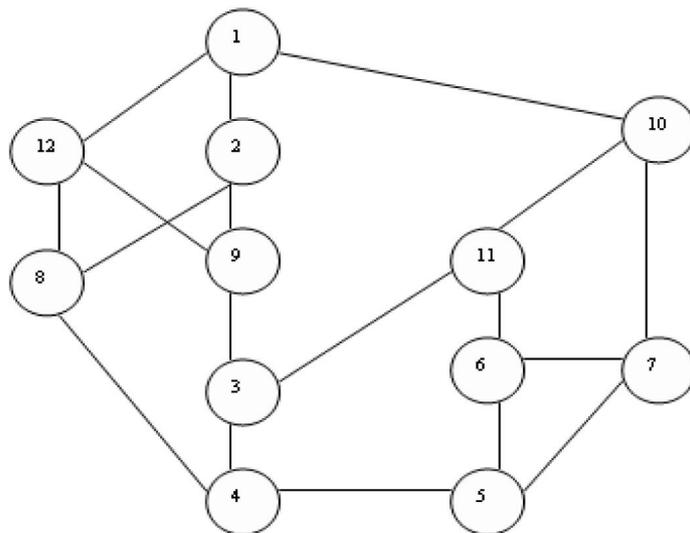


Рис. 1. Сеть передачи

Направление через узел 10 не выбирается, так как длина пути через этот узел до узла 2 превышает четыре транзитных участка (рис. 1). В узле 12 процедура повторяется и выбираются узлы 8 и 9 и т.д.

#### Распределение нагрузки по дереву путей

Для каждой пары узлов распределение нагрузки по дереву путей производится на

основе вероятностей потерь на ветвях, вычисленных на предыдущей итерации. При этом делается предположение, что вероятность потерь на каждой ветви характеризует некоторые статистические свойства данной ветви как системы обслуживания и не зависит от вероятностей потерь на других ветвях и от величины распределяемой нагрузки (в процессе распределения).

$$g_{12}^1(2) = t_{1,1}^1(1,2) * h_{12}(2);$$

$$g_{12}^1(2) = t_{1,2}^1(2,2) * h_{12}(2)_2;$$

$$g_{12}^1(2) = t_{1,3}^1(2,2) * h_{12}(2)_3;$$

$$t_{1,1}^1(1,2)_1 = t_{1,1}^1(1,2) * h_{12}(2);$$

$$h_{12}(2)_1 = r_1(2) * \varphi_{12}(2)_2 * \varphi_{12}(2)_3 * (1 - p_{12}(2));$$

$$h_{12}(2)_2 = r_1(2) * \varphi_{12}(2)_1 * \varphi_{12}(2)_3 * (1 - p_{112}(2)) * (1 - p_{128}(2)) * (1 - p_{82}(2));$$

$$h_{12}(2)_3 = r_1(2) * \varphi_{12}(2)_1 * \varphi_{12}(2)_2 * (1 - p_{112}(2)) * (1 - p_{129}(2)) * (1 - p_{92}(2)).$$

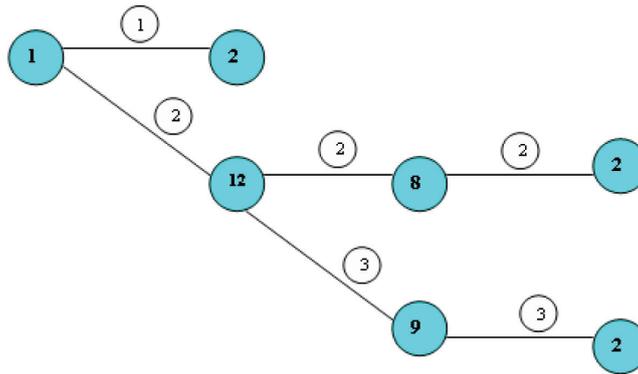


Рис. 2. Дерево путей между парами узлов (1, 2)

Ниже представлены исходные данные для подсети режима коммутации каналов, для численного расчета распределения нагрузки по дереву путей (табл. 1).

Таблица 1

Исходный входной график (вызовы в секундах)

F <sup>1</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	–	0,507	0,3	0,1	0,08	0,1	0,507	0,3	0,1	0,08	0,1	0,507
2	–	–	0,6	0,04	0,07	0,06	0,07	0,6	0,05	0,07	0,06	0,1
3	–	–	–	0,56	0,083	0,1	0,083	0,1	0,56	0,083	0,35	0,06
4	–	–	–	–	0,708	0,09	0,507	0,05	0,1	0,08	0,19	0,1
5	–	–	–	–	–	0,64	0,1	0,6	0,35	0,07	0,06	0,05
6	–	–	–	–	–	–	0,04	0,57	0,67	0,083	0,3	0,64
7	–	–	–	–	–	–	–	0,3	0,1	0,08	0,65	0,1
8	–	–	–	–	–	–	–	–	0,04	0,07	0,06	0,08
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,083	0,1	0,07
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,09	0,507
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,642
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Далее представлены некоторые расчеты статистических параметров качества обслуживания из вышеуказанных исходных данных (табл. 2).

**Таблица 2**  
Расчет статистических параметров качества обслуживания

$i$	$j$	$g_{ik}^u(j)$	$g_{ik}(j)$	$t_i(k, j)$
1	2	0,507	1,653	1,507
1	2	1,44	2,533	1,97
1	2	1,24	2,4203	2,67

### Выводы

Для реализации цели была выбрана сеть, предположенная как построение дерева путей по матрицам маршрутов, и определены параметры пропущенной ветвью нагрузки, а также все транзитные узлы на каждом узле дерева. Далее выбрано соотношение всех транзитных нагрузок на входную нагрузку, поступившую на узел на любом узле дерева, исходя из этого, было определено распределение нагрузки режима коммутации каналов на узлах асинхронной сети.

### Список литературы

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 4-е изд. СПб.: Питер, 2010. 944 с.
2. Чекмарев Ю.В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: ДМК Пресс, 2009. 184 с.
3. Томаси У. Электронные системы связи. М.: Техносфера, 2007. 1360 с.
4. Белоус А.И., Солодуха В.А., Шведов С.В. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс «белой магии» / Под общ. ред. А.И. Белоуса. М.: Техносфера, 2017. 872 с.
5. Jim Kurose, Keith Ross. Computer Networking. A Top Down Approach, 5<sup>th</sup> edition. Addison – Wesley, 2009. 862 p.
6. Гольдштейн Б.С. Системы коммутации: учебник для вузов. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 314 с.
7. Складаров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. М.: СОЛОН-Пресс, 2010. 272 с.
8. Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С., Муратов А.С., Калдыбаев Н. Вычисление статистических параметров качества обслуживания сети // Информатика и прикладная математика: материалы III Международной научной конференции, посвященной 80-летию юбилею профессора Бияшева Р.Г. и 70-летию профессора Айдарханова М.Б. (г. Алматы, 26–29 сентября 2018 г.). Алматы, 2018. С. 349–355.
9. Кемельбекова Ж.С., Сембиев О.З., Сембиева Н.О. Метод формирования узловой нагрузки в режиме коммутации каналов сети АТМ // Вестник науки Южного Казахстана. 2018. № 3 (3). С. 67–72.