

УДК 621.396.22+004.735(575.1)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ С ПРИОРИТЕТНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ

Парсиев С.С.¹, *Хайдаров Ш.Ж.²

¹ Военный институт информационно-коммуникационных технологий и связи,
Ташкент, Узбекистан

² Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада
ал-Хоразмий, Ташкент, Узбекистан

*shahbozhaydarov564@gmail.com

Аннотация. В данной статье разработан алгоритм расчета вероятностно-временных характеристик разнородных потоков информации, позволяющий учитывать приоритетность и надежность поступающих потоков. Разработаны математические модели расчета характеристик разнородных потоков информации с относительными и абсолютными приоритетами, позволяющие определить эффективность приоритетных систем обслуживания. Приведены математические модели расчета приоритетного обслуживания разнородных потоков информации с относительными и абсолютными приоритетами, позволяющие повышать эффективность телекоммуникационных сетей. Доказано, что абсолютный приоритет обеспечивает меньшее время задержки передачи, чем относительный приоритет.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, алгоритм расчета, приоритетное обслуживание, разнородные потоки, математические модели, абсолютные и относительные приоритеты, время задержки пакетов.

I. ВВЕДЕНИЕ

Главным критерием эффективности обслуживания потоков информации в телекоммуникационных сетях является обеспечение выполнения требований по временным ограничениям в процессе их проектирования и планирования. Планирование работы по проектированию телекоммуникационных сетей облегчается тем, что в телекоммуникационной сети имеются информация о её вероятностно-временных характеристиках, пропускной способности каналов связи, объеме нагрузок в её узлах и т. д. Эти данные могут быть использованы при разработке алгоритма расчета основных характеристик телекоммуникационных сетей с учетом приоритетности поступающих потоков информации.

Разработка алгоритма расчета характеристик телекоммуникационных сетей с приоритетным обслуживанием потоков информации состоит из следующих разделов [1-3]:

- расчет суммарного потока в телекоммуникационной сети с относительным и абсолютным приоритетами;

- расчет вероятности своевременной доставки речи в трактах пакетной транспортной

сети, состоящих из разнородных звеньев передачи с относительным и абсолютным приоритетами;

- расчет времени ожидания начала обслуживания пакета с относительным и абсолютным приоритетами;

- расчет среднего времени пребывания пакета в звене телекоммуникационной сети с относительным и абсолютным приоритетами.

При разработке алгоритма расчета характеристик телекоммуникационных сетей с приоритетным обслуживанием будет соблюдаться следующая иерархия ее компонентов: звено передачи потоков информации, тракт транспортной системы передачи потоков информации и многоуровневая телекоммуникационная сеть в целом.

II. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основных показателей, характеризующих степень удовлетворения заданного уровня требований по вероятностно-временным характеристикам, примем среднее время доставки сообщений – T и вероятность своевременной доставки сообщений – Q . В соответствии с [4-6] для телекоммуникационной сети с многоуровневой структурой вероятность доставки сообщений определяется из соотношения:

$$Q = \left| \frac{EXP(-\frac{v_{\text{э}}}{m\mu_{\text{э}}})(1-\frac{\lambda}{m\mu_{\text{э}}})}{1-\frac{\lambda}{v_{\text{э}}}(1-EXP(-\frac{v_{\text{э}}}{m\mu_{\text{э}}}))} \right|^n, \quad (1)$$

где: Q – вероятность своевременной доставки сообщений; $v_{\text{э}}$ – эквивалентная интенсивность старения сообщений; λ – интенсивность поступления потоков информации; m – число каналов связи; n – число узлов в сети; $\mu_{\text{э}}$ – эквивалентная интенсивность обслуживания сообщений, которая определяется как [1,7,8]:

$$\mu_{\text{э}} = \frac{C_{\text{э}}K_{\Gamma}}{V}, \quad (2)$$

здесь $C_{\text{э}}$ – эквивалентная пропускная способность цифровых каналов связи, V – средний объем сообщений, K_{Γ} – коэффициент готовности каналов связи.

$$T = \frac{1}{\Lambda} \sum_{r=2}^R [2(\lambda_{r-1,r}m_{r-1,r}T_{r-1,r}) + 2(\lambda_{r,r}m_{r,r}T_{r,r}) + (\lambda_r n_r T_r)], \quad (5)$$

где: Λ – суммарная интенсивность входящего потока в сеть, R – число ступеней иерархии, λ – интенсивность поступления потоков информации, n_r – число узлов коммутации на r -ой ступени, m_r – число каналов связи r -ой ступени, $m_{r-1,r}$ – число каналов связи в межуровневой подсети с индексом $(r-1,r)$.

$$m_{r,r} = \frac{n_r k_r}{2}, \quad m_{r-1,r} = n_{r-1}. \quad (6)$$

Аналитическое соотношения (5), позволяет связать основные вероятностно-временные характеристики потоков (время задержки, вероятность доставки пакета, интенсивность поступления потоков) с параметрами телекоммуникационной сети (число каналов, число узлов коммутации, число ступеней иерархии) и структурными особенностями топологии, а также позволяет рассчитать среднее время доставки пакета в многоуровневой сети.

$$\lambda_r = \frac{\Lambda}{n_r} [2(1-\eta_r) + \beta_{r-1}(\eta_r - \eta_{r-1}) + (\pi_R - 1)(1-\beta_r)(\eta_{r+1} - \eta_r)]. \quad (9)$$

Вероятность своевременной доставки Q для многоуровневой телекоммуникационной сети будем вычислять как величину, средневзвешенную по различным маршрутам, относительно доли протекающего по ним потока.

$$Q = \sum_{r=2}^R \frac{\phi_r + \alpha_r \psi_r (Q_r Q_{r,r})^{\pi}}{Q_r} \times \prod_{i=1}^{r-1} \alpha_i \theta_i (Q_{i+1} Q_{i,i+1})^2, \quad (10)$$

где: R – число ступеней иерархии; π – число маршрутов в сети; ϕ_r – узловой коэффициент

Тогда с учетом (2) выражение (1) будет иметь вид [2,10]:

$$T = \frac{V}{C_{\text{э}}K_{\Gamma} - \lambda V} \left(1 + \frac{C_{\text{э}}K_{\Gamma}K_{\Pi}}{V_d}\right), \quad (3)$$

где: K_{Π} – коэффициент простоя канала. Учитывая выражение (1), формула (3) имеет вид:

$$T = \frac{(2mC_{\text{э}}K_{\Gamma} - \lambda V)}{2mC_{\text{э}}K_{\Gamma}(mC_{\text{э}}K_{\Gamma} - \lambda V)} \times \left(1 + \frac{mC_{\text{э}}K_{\Gamma}K_{\Pi}}{V_d}\right)n, \quad (4)$$

С учетом вышеприведенных общесетевая задержка потоков информации в телекоммуникационной сети с многоуровневой структурой определяется [10,5,6]:

Интенсивность поступления потоков сообщений в межуровневых подсетях определяется:

$$\lambda_{r,r-1} = \frac{\Lambda}{n_r} [1 - \eta_r + \beta_r (\eta_{r+1} - \eta_r)], \quad (7)$$

$$r = 1, R - 1,$$

где Λ – суммарная интенсивность входящего потока в сеть; β_r – маршрутный коэффициент, η_r – количество узлов коммутации в r – ступени иерархии. Интенсивность потоков сообщений для каналов зонных подсетей определяется:

$$\lambda_{r,r} = \frac{\Lambda \pi_r}{n_r K_r} (1 - \beta_r)(\eta_{r+1} - \eta_r), \quad (8)$$

$$r = 2, R - 1.$$

Интенсивность потоков сообщений для узлов коммутации определяется:

замыкания нагрузки на r -й ступени определяется [9,3,4]:

$$\phi_r = \frac{\beta_{r-1}(\eta_r - \eta_{r-1})}{1 - \eta_r + \beta_{r-1}(\eta_r - \eta_{r-1})}, \quad (11)$$

$$r = 2, R,$$

сетевой коэффициент замыкания нагрузки r -й ступени определяется выражением:

$$\psi_r = \frac{(1 - \beta_r)(\eta_{r+1} - \eta_r)}{1 - \eta_r}, \quad (12)$$

$$r = 2, R - 1,$$

узловой коэффициент межступенчатого транзита r -й ступени определяется выражением,

$$\alpha_r = 1 - \phi_r, \quad (13)$$

сетевой коэффициент межступенчатого транзита r -й ступени определяется выражением:

$$\theta_r = 1 - \psi_r. \quad (14)$$

С учетом полученных аналитических формул расчета характеристик телекоммуникационных сетей, представим полный алгоритм расчета вероятностно-временных характеристик телекоммуникационной сети с

многоуровневой структурой с приоритетным обслуживанием потоков информации (рис.1) [10]:

Блок 1. Начало.

Блок 2. Ввод исходных данных для расчета вероятностно - временные характеристики (ВВХ) потоков информации.

Блок 3. Разработка математических моделей вероятностно-временных характеристик потоков информации с приоритетным обслуживанием.

Блок 4. Расчет вероятности своевременной доставки пакета.

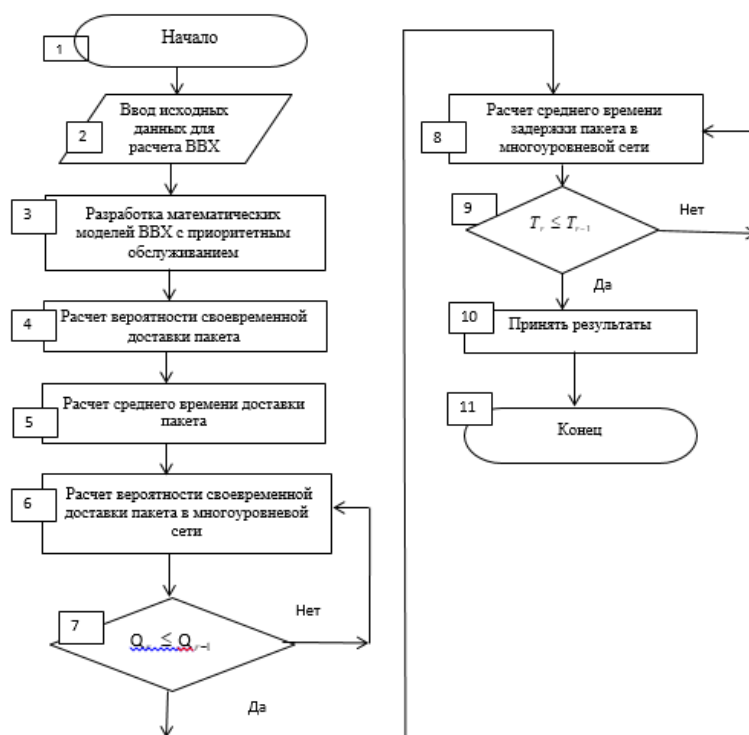


Рис. 1. Алгоритм расчета характеристик телекоммуникационной сети с приоритетным обслуживанием потоков информации

Блок 5. Расчет среднего времени доставки пакета.

Блок 6. Расчет вероятности своевременной доставки пакета в многоуровневой сети.

Блок 7. Проверяется условия $Q_n \leq Q_{n-1}$, если да, то переход к блоку 8, если нет – к блоку 6.

Блок 8. Расчет среднего времени задержки пакета в многоуровневой сети.

Блок 9. Проверяется условие, если да, то переход к блоку 10, если нет – к блоку 8.

Блок 10. Принять результаты.

Блок 11. Конец.

Разработанный алгоритм позволяет произвести расчет среднего времени задержки и вероятности своевременной доставки приори-

тетных потоков информации в телекоммуникационной сети с многоуровневой структурой. Данный алгоритм является унифицированным и допускает возможность обобщения полученных положений на системы обслуживания с более сложными дисциплинами обслуживания.

III. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Среднее время доставки пакета для многоуровневой телекоммуникационной сети T вычисляется по формуле (5) и получаем следующий график зависимости средней задержки от загрузки канала связи.

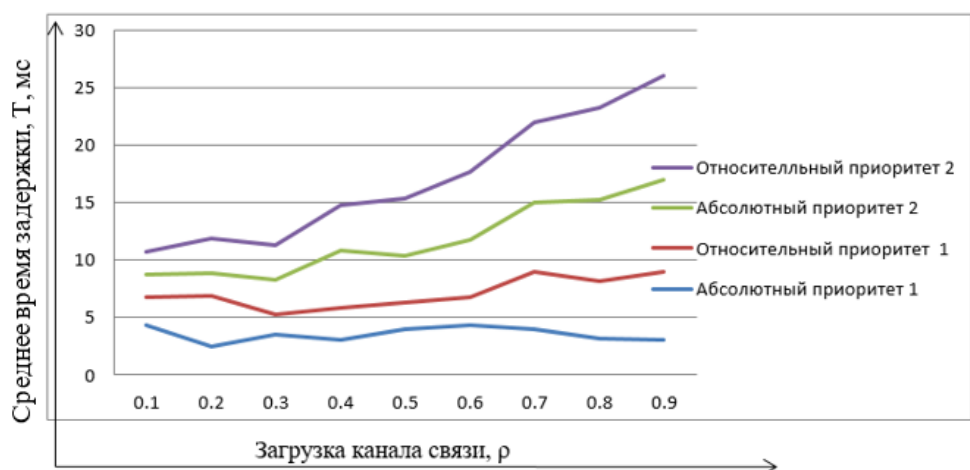


Рис. 2. График зависимости средней задержки пакетов от загрузки каналов связи при различных приоритетных дисциплинах обслуживания

С учетом формулу (5) были произведены численные расчеты и получен график зависимости средней задержки пакетов от загрузки каналов связи с несколькими приоритетами, который представлен на рисунке 2.

Стратегия обслуживания приоритетных потоков информации в телекоммуникационных сетях с многоуровневой структурой, построенная на основе дисциплины обслуживания пакетов с абсолютным приоритетом, позволила обеспечить малое время задержки в обслуживании более срочных категорий информации.

Расчеты показали, что, введение дисциплины обслуживания с абсолютным приоритетом с двумя приоритетами предполагает заметное улучшение обслуживания 1-го приоритета за счет увеличения времени задержки пакетов 2-го приоритета. С увеличением загрузки каналов постепенно увеличиваются среднее время задержки пакета в обоих приоритетах. При значениях загрузки (от 0,1 до 0,9) среднее время задержки пакета не меняется (абсолютный приоритет 1), в остальных случаях наблюдается увеличения средней задержки пакетов (относительный приоритет 1 и абсолютный приоритет 2). Это означает, что абсолютный приоритет обеспечивает меньшее время передачи по сравнению с относительным приоритетом независимо от величины загрузки каналов связи.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработан алгоритм расчета вероятностно-временных характеристик телекоммуникационных сетей с приоритетным обслуживанием потоков информации. Алгоритм позволяет рассчитать вероятностно-временные характеристики разнородных потоков

информации, а также учитывать показатели надежности каналов связи. Предложено аналитическое соотношение (5), которое позволяет связать основные вероятностно-временные характеристики потоков (время задержки, вероятность доставки пакета, интенсивность поступления потоков) с параметрами сети (число каналов, число узлов коммутации, число ступеней иерархии) и структурными особенностями топологии, а также позволяет рассчитать вероятности среднее время доставки пакета в многоуровневой сети. Разработаны математические модели расчета характеристик разнородных потоков информации с относительными и абсолютными приоритетами, позволяющие определить эффективность приоритетных систем обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zakharov G.P., Research Methods of Data Transmission Networks. "Radio i svyaz", Moscow, 1982.
- [2] Lokhmotko V.V., Pirogov K.I., Parsiev S.S., Probabilities of delivery of multi-packet messages in integrated service digital network. // Technique of communication means. Series of TPS, issue No. 1, 1989.
- [3] Parsiev S.S., Kudratova S.M., Erkinov F.K. Calculation of probabilistic-temporal characteristics of information flows in a telecommunications network. // Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan. Certificate No. DGU 10967, 04/29/211 г.
- [4] Ryzhikov Yu. I., Khomonenko AD Calculation of multi-channel queuing systems with absolute and relative priorities based on relation invariants // Intelligent Technologies in Transport. 2015. No. 3. pp.11-16.

- [5] Parsiev S.S. Calculation of the total intensity of information flows arriving at the network node. // Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan Certificate No. DGU 07980, March 27, 2020.
- [6] Parsiev S. S. Priority system for servicing information flows in a telecommunications network. // Muhammad al-Khorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari university "Muhammad al-Xorazmiy avlodlari" ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy journal" No. 1(1) /2017. - B. 48-50.
- [7] Parsiev S. S., Abduakhadov A. A., Abdikayumov B. T. Main characteristics of telecommunication networks. // "TATU XABARLARI" Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. No. 4(48)/2018. Tashkent. TUIT. - B 51-57.
- [8] Parsiev SS, Badalov Zh. I. Model of transport telecommunication network with priority service. // Radiotexnika, telekommunikatsiya va axborot texnologiyalari: muammolari va kelajak rivoji" Xalqaro ilmiy – texnik konferensiya maqolalar to'plami. 1 - Tom. Toshkent - 2015. - P.441-443.
- [9] Буранова М. А., Карташевский В. Г. Анализ времени ожидания для узла сети типа G/D/1 при неточном знании параметров трафика // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 1. С. 24–33.
- [10] Парсиев С. С. Расчет суммарной интенсивности потоков информации поступающих на узел сети. // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан Свидетельство № DGU 07980, 27 марта 2020 г.

Поступила в редакцию 22.09.2024

Цитирование: *Парсиев С.С., Хайдаров Ш.Ж. (2024). Разработка алгоритма расчета характеристик потоков информации в телекоммуникационной сети с приоритетным обслуживанием. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий, 7(4), –С. 48-52. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i4.219>*

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING PRIORITY SERVICE INFORMATION FLOW DESCRIPTIONS IN A TELECOMMUNICATION NETWORK

*Parsiev S.S.¹, *Khaydarov Sh.J.²*

¹ Military institute of information and communication technologies and communications, Tashkent, Uzbekistan

² Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan
*shahbozhaydarov564@gmail.com

Abstract. *In this article, an algorithm for calculating the probabilistic-temporal characteristics of heterogeneous information flows has been developed, which allows taking into account the priority and reliability of incoming flows. Mathematical models for calculating the characteristics of heterogeneous information flows with relative and absolute priorities have been developed, which make it possible to determine the effectiveness of priority service systems. Mathematical models for calculating the priority service of heterogeneous information flows with relative and absolute priorities are presented, which make it possible to increase the efficiency of telecommunication networks. Absolute priority has been proven to provide less transmission latency than relative priority.*

Keywords: *telecommunication networks, calculation algorithm, priority service, heterogeneous flows, mathematical models, absolute and relative priorities, packet delay time.*