

**Зимин И.В.<sup>1</sup>, Алымкулов С.А.<sup>2</sup>, Жумалиев К.М.<sup>3</sup>©**

<sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук; <sup>2</sup>доктор технических наук, профессор НАН КР;  
<sup>3</sup>академик, доктор технических наук, профессор НАН КР.

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Институт физико-технических проблем и материаловедения им. академика Ж. Жеенбаева Национальной академии наук Кыргызской Республики

## **АНАЛИЗ СХЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА ДЛЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

### *Аннотация*

*Статья посвящена изучению схем и особенностям моделирования канального ресурса мультисервисных систем волоконно-оптических сетей. Особое значение уделено дисперсии, так как она является важной частью для формирования канального ресурса.*

**Ключевые слова:** Оптическое волокно, канальный ресурс, дисперсия, пропускная способность, моделирование трафика, потоков заявок, резервирование.

**Zimin Igor Viktorovich** candidate Physical and Mathematical Sciences,  
**Alymkulov Salmor Amanovich** Doctor of Technical Sciences, professor NAS KR  
**Zhumaliev Kubanichbek Myrzabekovich** academician, Doctor of Technical Sciences, professor NAS KR.

Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakova, Institute of Physical and Technical Problems and Materials Acad. J. Jeenbaeva the National Academy of the Kyrgyz Republic

## **CHANNEL RESOURCE RESERVATION SCHEME ANALYSIS FOR MULTI-SERVICE FIBER OPTIC NETWORKS**

### **Summary**

*The main idea of the paper is the channel resource patterns and characteristics studies and multiservice optical networking systems simulation peculiar properties. Particular importance is given to the dispersion, as an important part for channel resource forming.*

**Keywords:** Optical fiber, channel resource, dispersion, bandwidth, traffic simulation, flow requests, reservation.

**Введение.** В статье объектом исследования является канальный ресурс для мультисервисных волоконно-оптических сетей. Канальный ресурс – это одно из важнейших понятий теории телетрафика, необходимое для формализованного описания процесса обслуживания пользователей услуг связи. В широком смысле его можно определить, как целочисленное выражение передаточных возможностей линии связи от данных во временное использование абонентам сети. Объём ресурса выражается в числе каналов, обладающих фиксированной скоростью передачи. Их определение начинается с уровня абонента и во многом зависит от перечня предоставляемых сервисов и значений эффективной интенсивности соответствующих информационных потоков.

В практических разработках выбор основной передаточной единицы зависит от детальности описания процесса разделения ресурса.

Целью является изучение и исследования анализа схем резервирования канального ресурса для мультисервисных волоконно-оптических сетей. Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Исследованы схемы резервирования канального ресурса для мультисервисных волоконно-оптических сетей;
2. Проанализированы технологии доступа, а также конструкции и характеристики оптического волокна;
3. Произведен качественный анализ модовой структуры волоконных световодов;

Оптический сигнал, распространяясь по волокну, не только затухает, но и искажается за счёт дисперсии различного рода. Под дисперсией  $\delta$  в оптике понимают зависимость фазовой скорости световых волн от частоты  $\vartheta_\phi = \vartheta_\phi(\omega)$ . Это же относится и к показателю преломления  $n = n(\omega)$ . Величина и характер дисперсии определяется как:

$$\delta = \frac{dn}{d\omega}$$

В этом смысле дисперсия носит название хроматической дисперсии, подчёркивая факт разложения света на его спектральные составляющие. Дисперсия называется нормальной, если  $n$  увеличивается с увеличением частоты  $\omega$  и аномальной, если  $n$  уменьшается с увеличением  $\omega$ . Зависимость фазовой скорости от  $\omega$  для нормальной и аномальной дисперсий – обратная.

Сравнивая дисперсионные характеристики различных волокон, можно отметить, что наилучшими показателями обладают ОМ ОВ, а наиболее сильно дисперсия проявляется в ММ ОВ со ступенчатым профилем показателя преломления. В световодах с градиентным профилем показателя преломления и одномодовых световодах уширение импульса вызывается главным образом материальной дисперсией, обусловленной зависимостью показателя преломления материала световода от длины волны. Во многих случаях модовая дисперсия не играет никакой роли при конструировании волоконных систем: быстроедействие слишком мало или расстояния незначительны. [2]

**Модель с резервированием канального ресурса.** Для моделей мультисервисных систем связи схема занятия канального ресурса зависит от типа поступившей заявки. Выделение групп однородных событий, описывающих последовательность моментов поступления заявок, не приводит их к одному потоку, как это происходит в классических моделях теории телетрафика. Процесс обслуживания каждой группы заявок необходимо рассматривать отдельно. Таким образом, возникает класс многопоточковых моделей. Привязка модели к реальным условиям обслуживания поступающих заявок происходит на этапе формализации, когда технические характеристики систем связи (скорость линий, доступность и т.д.) интерпретируются в терминах понятий, используемых при описании соответствующих моделей теории телетрафика.

В модели имеется  $n$  потоков заявок на выделение канального ресурса, необходимого для обслуживания трафика сервисов реального времени (речевые сообщения, видеоконференц-связь и т.д.). Поступление заявок  $k$ -го потока подчиняется закону Пуассона с интенсивностью  $\lambda_k$ , где  $k = 1, 2, \dots, n$ . Сделанный выбор модели входного потока предполагает, что влияние размеров группы пользователей на создаваемый ими поток заявок пренебрежимо мало и её можно считать бесконечной. Пусть  $v$  – скорость передачи информации мультисервисной линии, выраженная в единицах канального ресурса, требуемого для обслуживания поступающих заявок,  $b_k$  – число единиц ресурса линии, необходимого для обслуживания одной заявки  $k$ -го потока, а  $\frac{1}{\mu_k}$  – среднее время занятия канального ресурса на её обслуживание,  $k = 1, 2, \dots, n$ .

В соответствии с обсуждением можно считать значения  $b_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  и  $v$  целыми положительными числами. Если это не оговаривается особо, будем предполагать, что

длительности времени занятия канального ресурса на обслуживание заявок имеют экспоненциальное распределение и не зависят друг от друга и от входных потоков. Схема функционирования и отличительные свойства базовой модели мультисервисной линии показаны на рис. 1.[3]

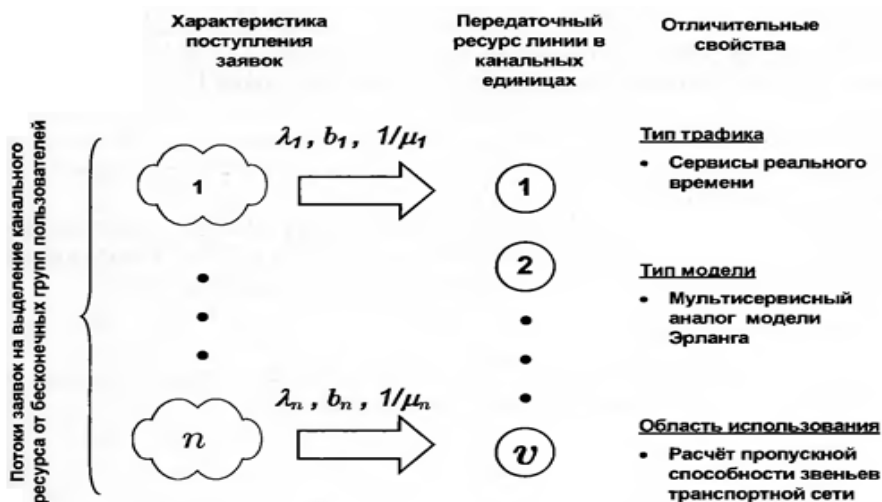
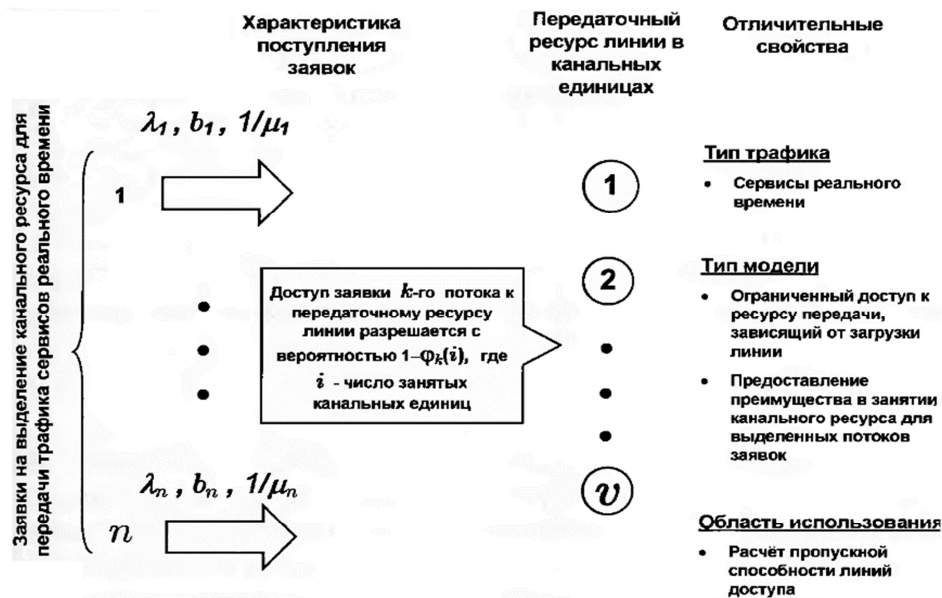


Рис.1. Структура и свойства базовой модели мультисервисной линии, используемой при анализе занятия канального ресурса на уровне соединений

**Обобщённая схема резервирования.** Процесс выделения канального ресурса в мультисервисных сетях нуждается в механизмах контроля. В противном случае возникают угрозы неконтролируемого перераспределения ресурса в пользу отдельных групп потоков. Заявки с меньшими требованиями к канальному ресурсу вытесняют из обслуживания заявки с большими требованиями. Это приводит к нарушению принятых соглашений по качеству предоставления услуг связи. Самым простым и действенным средством борьбы с отрицательными последствиями данного явления может служить резервирование канального ресурса.

Процедуру резервирования легко реализовать технически. Поставим в соответствие каждому потоку целое число  $\theta_k, k = 1, 2, \dots, n$ , которое назовём порогом резервирования канального ресурса для заявок  $k$ -го потока. Обозначим через  $i$  общее число занятых канальных единиц в момент поступления заявки. Если выполняется неравенство  $i > \theta_k$ , то поступившая заявка  $k$ -го потока считается потерянной и не возобновляется. В противном случае заявка принимается к обслуживанию. Устанавливая величину  $\theta_k$ , оператор получает возможность зарезервировать ресурс линии для тех информационных потоков, которым он нужен в большем количестве. При её использовании оператор может выровнять значения уровня потерь для всех потоков заявок. Однако достигается это за счёт некоторого уменьшения коэффициента использования канального ресурса линии (рис. 2).



**Рис.2. Структура и свойства модели мультисервисной линии с обобщённой схемой резервирования канального ресурса для поступающих заявок**

**Анализ схем резервирования.** Рассмотрим влияние различных схем резервирования канального ресурса на значения показателей качества обслуживания заявок. Проведём соответствующее исследование на примере модели мультисервисной линии со значениями входных параметров:  $\vartheta=100, n = 2, b_1 = 1, b_2 = 20, \mu_k = 1, \lambda_k = \frac{\nu p}{nb_k}, k = 1,2$ . Величина  $p$  задаёт коэффициент загрузки канальной единицы линии. В таблице 1 показана зависимость  $\pi_1, \pi_2, m_1, m_2, m = m_1+m_2$  от изменения  $p$ . Величина порога резервирования  $\theta$  для первого и второго потоков вычислялась из соотношения

$$\theta = \vartheta - b = 80$$

Исследование данных, представленных в таблице 1 [3], позволяет сделать следующие выводы. В модели мультисервисного звена без резервирования:

1. Заявки, требующие больший канальный ресурс для своего обслуживания, несут и существенные потери. В рассматриваемом случае разница в значениях потерь достигает несколько десятков раз и убывает с ростом потерь.
2. Заявки, требующие меньший канальный ресурс для своего обслуживания, вытесняют из обслуживания заявки, требующие больший канальный ресурс. Объём захваченного подобным образом канального ресурса значительно увеличивается с ростом загрузки линии. Таким образом, в анализируемой системе связи наблюдается неконтролируемое перераспределение канального ресурса, что отрицательно сказывается на обеспечении гарантированных показателей QoS.
3. При использовании традиционной схемы резервирования показатели качества обслуживания заявок изменились.
4. Доля потерянных заявок и средний объём занятого канального ресурса выравнивается для всех потоков. При этом потери для заявок, требующих меньший канальный ресурс, увеличиваются, соответственно, объём занимаемого канального ресурса уменьшается.
5. Выравнивание значений показателей качества обслуживания привело к уменьшению общего объёма занятого канального ресурса примерно на 10%.

*Таблица 1*

**Показатели обслуживания заявок при использовании резервирования для разных значений загрузки линии [3].**

Р (ЭрлК)	Без резервирования						С резервированием	
	$\pi_1$	$\pi_2$	m1	m2	m	$\pi_1 = \pi_2$	m1=m2	m
0,5	0,0017	0,0844	24,96	22,89	47,85	0,0603	23,49	46,99
0,6	0,0026	0,1361	29,92	25,92	55,85	0,1026	26,92	53,85
0,7	0,0081	0,1998	34,72	28,01	62,72	0,1494	29,77	59,54
0,8	0,0149	0,2864	39,40	28,54	67,95	0,1994	32,02	64,05
0,9	0,0165	0,3796	44,26	27,92	72,18	0,2496	33,77	67,53
1,0	0,0179	0,4582	49,10	27,09	76,19	0,2975	35,12	70,25
1,1	0,0266	0,5246	53,54	26,15	79,68	0,3419	36,19	72,39
1,2	0,0382	0,5917	57,71	24,50	82,21	0,3825	37,05	74,10
1,3	0,0444	0,6623	62,11	21,95	84,06	0,4194	37,74	75,48
1,4	0,0465	0,7273	66,75	19,09	85,84	0,4528	38,31	76,61
1,5	0,0527	0,7786	71,05	16,61	87,65	0,4831	38,77	77,54

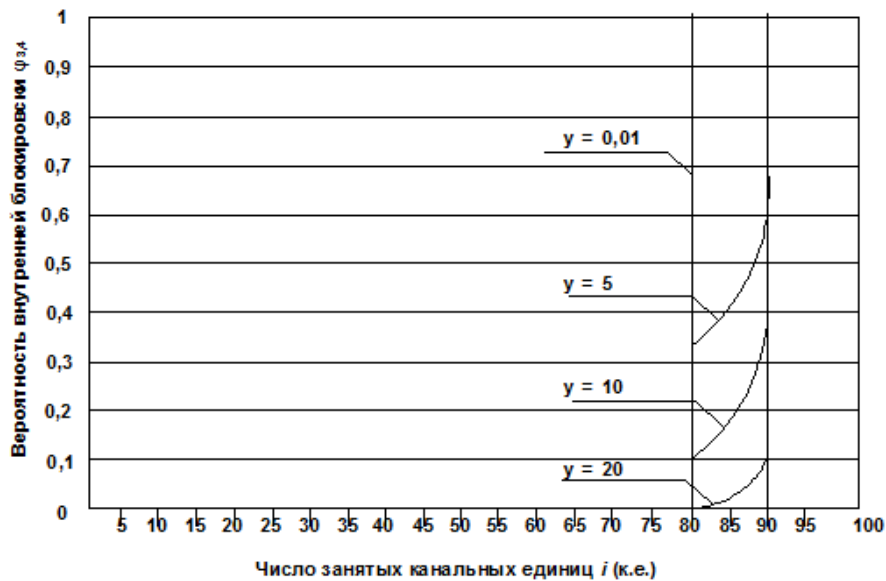
Для того чтобы оператор не потерпел убытки от уменьшения коэффициента занятости канального ресурса, необходимо увеличить тариф для абонентов, в пользу которых осуществляется резервирование. Можно поступить и другим образом реализовать так называемое «мягкое резервирование». В этой ситуации приём заявки к обслуживанию при наличии достаточного объёма свободного канального ресурса происходит с некоторой вероятностью. Варьируя значение вероятности, можно уменьшить или увеличить эффект резервирования. Концепция внутренней блокировки, используемая при построении модели мультисервисной линии с обобщённой схемой резервирования, позволяет реализовать сформулированную идею. [5]

Проведём численное исследование предложенной схемы распределения канального ресурса. Осуществим выбор функции внутренней блокировки из соотношений:

$$\begin{aligned} \varphi_k, i = 0, i = 0, 1, \dots, \vartheta - d, \\ \varphi_k, i = \left(\frac{i}{v}\right), i = \vartheta - b + 1, \vartheta - b + 2, \dots, \vartheta - b_k, \\ \varphi_k, i = 1, i = \vartheta - b_k + 1, \vartheta - b_k + 2, \dots, \vartheta. \end{aligned}$$

В приведённых соотношениях  $k = 1, 2, \dots, n$ , а величина  $\gamma$  меняется от 0 до  $\infty$  и определяет конкретный вид функции внутренней блокировки.

Зависимость функции внутренней блокировки для  $k = 2$  от объёма занятого канального ресурса  $i$  и величины  $\gamma$  показана на рис. 3. [3] Значения остальных входных параметров:  $\vartheta = 100$ ,  $n = 3$ ,  $b_1 = 1$ ,  $b_2 = 10$ ,  $b_3 = 20$ . Выбор значений  $\gamma$  позволяет реализовать различные схемы резервирования канального ресурса. При  $\gamma = 0$  получаем традиционную схему резервирования. При  $\gamma \rightarrow \infty$  распределение канального ресурса начинает увеличиваться.



**Рис.3. Функция внутренней блокировки для различных значений параметра  $\gamma$  базовой модели мультисервисного звена**

Отсутствие резервирования канального ресурса и его реализация в традиционной форме имеют отрицательное влияние на использование канального ресурса. В первом случае наблюдается неконтролируемое перераспределение канального ресурса в пользу одного из потоков, а во втором – уменьшается коэффициент загрузки одной канальной единицы. Результаты расчётов модели звена с обобщённой схемой резервирования канального ресурса показывают, что, подбирая величину вероятностей внутренних блокировок (в рассматриваемом случае значение  $\gamma$ ), можно, с одной стороны, сгладить разницу в доступе к передаточному ресурсу, а с другой, — сделать это за счёт приемлемого уменьшения коэффициента использования единицы канального ресурса. Подбор величины осуществляется поиском минимума, специальным образом построенного функционала.

Данные рассуждения носят качественный характер и нуждаются в более детальном экономическом обосновании.

### Выводы

Для повышения точности решения задач планирования мультисервисных сетей необходимо учитывать реализацию механизмов допуска заявок к канальному ресурсу и особенности формирования входных потоков заявок. Для внесения в модель простейших сетевых аспектов, когда ограниченный доступ к линии передачи интерпретируется как ограниченные передаточные возможности в местах прохождения информационных потоков, предшествующих рассматриваемой линии. В этом смысле более действенным средством в предоставлении преимуществ и выравнивании показателей качества обслуживания заявок оказывается резервирование канального ресурса для выделенной группы потоков.

### Литература

1. Зимин И.В., Алымкулов С. А. Исследование модели оценки канального ресурса для сервисов реального времени // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Бишкек, 2013г.
2. В.С. Иванов, Л.Н. Кочановский Волоконно-оптические кабели связи. Конструкции и характеристики: учебное пособие по специальностям "Сети связи и системы коммутации", "Многоканальные телекоммуникационные системы", "Физика и техника опт. связи" /; С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича. - Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2003. - 88 с. : ил. - Библиогр.: с. 88.

3. Степанов С.Н. Материалы курса лекций «Основы теории моделирования сетей и систем телекоммуникаций» // Московский технический университет связи и информатики, Москва, 2008.
4. Зимин И.В. Учебник: «Управление трафиком в сетях и системах телекоммуникаций» // Издательство «Алтын Принт», Бишкек 2012.
5. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей // Издание ЭКОТRENДЗ, Москва, 2010г.
6. Зимин И.В. Планирование пропускной способности трафика сети с точки зрения показателей QoS // Теоретический и прикладной научно-технический журнал, Журнал Известия Кыргызского государственного технического университета № 26, Кыргызстан Бишкек, 2012. С. 128-137.
7. Зимин И.В. Методы теории массового обслуживания в задачах моделирования перспективных телекоммуникационных систем // ГОУ «Восточно – Сибирский государственный технологический университет» Материалы конференции часть 1 десятой Всероссийской научно-технической конференции «Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий», Российская Федерация город Улан-Удэ, июль 2009г. С. 66-72.
8. Iversen V.B., Stepanov S.N. The optimsl dimensioning of multi-service links // Proc. COST-285 Mid-term Symposium. Munchen, September 8-10, 2005. Chapter 7 (pp. 151-178) in A. Nejat Ince & Ercan Topuz (editors): Modeling and simulation tools for emerging telecommunication networks. Springer, 2006.

### References

1. Zimin IV, Alymkulov SA Research assessment model channel resource for real-time services // Theoretical and applied scientific and technical journal, Bishkek, 2013.
2. VS Ivanov, LN Kochanowski Fiber-optic cables. Design and features: a manual for the field of "Communication Networks and Systems", "Multichannel telecommunication systems", "Physics and technology of wholesale connections." /; St. Petersburg. state. Univ of Telecommunications. MA Bonch-Bruevich. - St. Petersburg: SUT, 2003. - 88 p. : Ill. - Bibliogr. : p. 88.
3. Stepanov SN Materials lecture course "Fundamentals of the theory and modeling of networks of telecommunications systems" // Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, 2008.
4. Zimin IV Textbook: "traffic management in networks and telecommunications systems" // Publisher "Altyn Print", Bishkek 2012.
5. Stepanov SN Basics Teletraffic multiservice networks // Edition EKOTRENДZ, Moscow, 2010.
6. Zimin IV Planning for network traffic bandwidth in terms of QoS parameters // Theoretical and applied scientific and technical journal, Proceedings of the Journal of the Kyrgyz State Technical University number 26, Kyrgyzstan, Bishkek, 2012. pp 128-137.
7. Zimin IV Methods of queuing theory to problems of modeling of perspective telecommunication systems // SEI "East - Siberian State Technological University" Conference Proceedings Part 1 of the tenth All-Russian scientific conference "Theoretical and applied problems of modern information technologies", Russian Federation, Ulan-Ude, July 2009 . S. 66-72.
8. Iversen V.B., Stepanov S.N. The optimsl dimensioning of multi-service links // Proc. COST-285 Mid-term Symposium. Munchen, September 8-10, 2005. Chapter 7 (pp 151-178.) In A. Nejat Ince & Ercan Topuz (editors): Modeling and simulation tools for emerging telecommunication networks. Springer, 2006.