

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Юрий Гриньков

Аннотация: В работе проведен анализ алгоритмов установления канала связи в сети с оптической коммутацией блоков информации. В результате имитационного моделирования фрагмента оптической сети определены алгоритмы, являющиеся наиболее эффективными с точки зрения вероятности потерь блоков информации при их передачи по сети

Ключевые слова: коммутация блоков информации, алгоритмы установления канала связи, имитационная модель

Ключевые слова классификации ACM: 1.6 SIMULATION AND MODELING - 1.6.5 Model Development, C.2 COMPUTER-COMMUNICATION NETWORKS - C.2.1 Network Architecture and Design

Введение

За последние несколько лет в области инфокоммуникаций наблюдается тенденция, которая характеризуется увеличением доли трафика данных в общем потоке информации, передаваемой по телекоммуникационной сети (ТС). При этом объемы трафика данных растут настолько стремительно, что на сегодняшний день перед сетевыми специалистами возникает задача создания качественно новых сетей, использующих технологии меточного мультиплексирования и характеризующихся высокой пропускной способностью [1]. Интенсивное развитие оптоволоконных технологий и распространение мультимедийных инфокоммуникационных услуг (ИКУ), требующих широкой полосы пропускания, внесли фундаментальные изменения в общую концепцию построения телекоммуникационных сетей. Вопреки достаточно стереотипному мнению, которое заключается в том, что телефонная сеть общего пользования (ТфОП) постепенно переходит в разряд устаревших сетей, современные телекоммуникации не могут полностью отказаться от принципов ее функционирования. В частности, фундаментальный принцип ТфОП – коммутация каналов, - в настоящий момент получает второе дыхание, эволюционируя в концепцию коммутации блоков информации, которая достаточно успешно адаптируется для использования в современных оптических сетях.

Ключевой тенденцией развития современных оптических сетей является существенное увеличение пропускной способности оптоволоконной линии связи за счет использования технологии мультиплексирования по длинам волн (*Wave Division Multiplexing, WDM*). Вместе с тем, важным фактором, который ограничивает рост производительности оптических сетей, являются современные узлы коммутации, подвергающие информационный сигнал многократному оптоэлектрическому и электрооптическому преобразованию [2,3]. Такое положение дел вынуждает специалистов в области связи искать новые решения, позволяющие интегрировать современные волоконнооптические системы передачи с существующими системами пространственной коммутации, построенными на базе микроэлектромеханических систем, с учетом необходимости коммутации трафика данных [4,5]. Одним из возможных путей решения этой задачи является применение концепции коммутации блоков, которая позволяет реализовать коммутацию блоков информации «на лету», без использования дорогостоящих оптических запоминающих устройств на узлах коммутации.

Постановка задачи

Многолетняя история развития информационных технологий, в том числе вычислительной техники и средств связи, подтверждает тот факт, что характерным показателем эффективности использования любой системы является набор правил, определяющий порядок использования ресурсов этой системы. Следовательно, проводя исследование эффективности применения концепции коммутации блоков при построении оптической сети, важно провести сравнительный анализ алгоритмов резервирования ресурсов, которые используются в сети. Под алгоритмом резервирования ресурсов сети будем понимать систему правил, определяющих этапы установления и разрушения канала связи. Исходя из этого основной задачей настоящей работы является проведение сравнительного анализа эффективности использования различных алгоритмов резервирования сетевых ресурсов с учетом обеспечения качества обслуживания, выражающегося в минимизации вероятности потерь блоков информации на узлах коммутации в оптической сети.

Анализ применения концепции Just-In-Time в оптических сетях

Концепция *Just-In-Time* («точно в срок», *JIT*) появилась в середине XX века в Японии. Основная суть этой логистической концепции заключается в такой организации движения материальных потоков, которая обеспечивает поступление всех материалов в необходимом количестве в нужное место в точно назначенный срок. Позднее концепция *JIT* была применена и в телекоммуникационных сетях, в том числе адаптирована для использования в оптической сети с коммутацией блоков информации [6,7]. Рассмотрим эту концепцию применительно к оптическим сетям более подробно.

Перед началом передачи оптического блока информации источник посылает установочное сообщение, которое, продвигаясь от узла к узлу, резервирует длины волн каналов *WDM* и переключает системы коммутации оптических сигналов (СКОС) для последующей передачи оптического блока информации пользователя (БИП). Управляющие сообщения подвергаются оптоэлектрическому преобразованию на каждом узле, в результате чего каждый узел затрачивает некоторое время на обработку служебных сообщений. Поскольку БИП передается в оптическом виде (без *O/E/O* преобразований) и не обрабатывается на промежуточных узлах, то отправитель должен обеспечить временное смещение между отправкой управляющего сообщения и непосредственно отправкой БИП. Кроме того, временное смещение должно также учитывать время, которое необходимо для переключения оптического коммутационного поля (1).

$$t_{cm} = nt_{yc} + t_k \quad (1)$$

где t_{cm} – временное смещение отправки БИП,

n – количество узлов коммутации, участвующих в соединении,

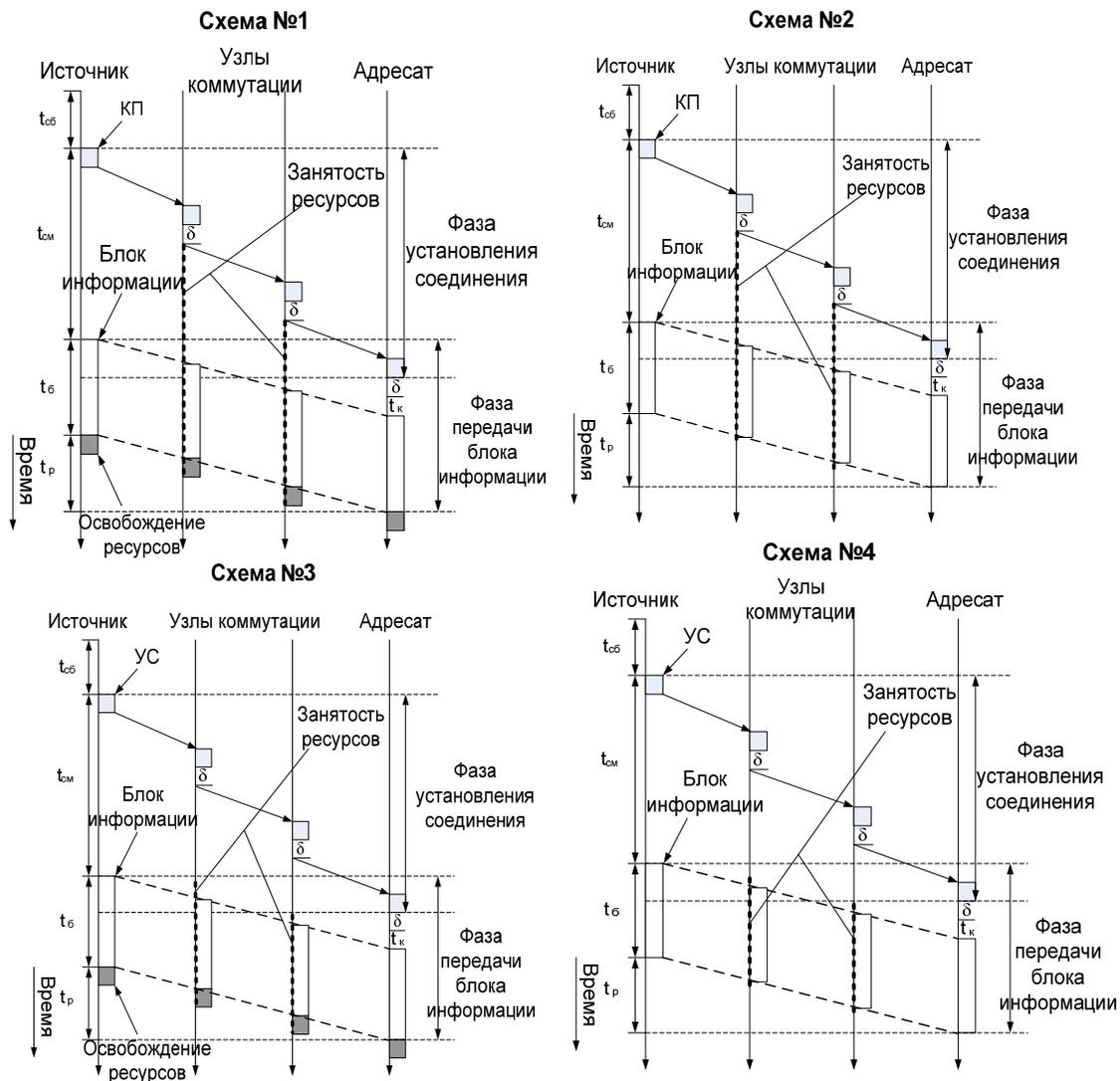
t_{yc} – время, затраченное на обработку управляющего сообщения,

t_k – время, затраченное на переключение оптического коммутационного поля.

В зависимости от метода установления и разрушения канала связи можно выделить следующие модификации (схемы) алгоритма резервирования ресурсов, реализующие концепцию *JIT* (рис.1).

1. Явное установление и завершение соединения: сигнальные сообщения, которые отправляет источник, указывают узлам коммутации немедленно настроить систему коммутации оптических сигналов (СКОС) для входного соединения и освободить ресурсы только при поступлении сигнала завершения передачи.

2. Явное установление и плановое завершение соединения: сигнал установления соединения, отправленный источником, указывает узлам коммутации на необходимость немедленной настройки СКОС, и одновременно этот же сигнал содержит информацию о длительности занятия коммутационного элемента СКОС, что приводит к автоматическому освобождению ресурсов.
3. Неявное установление и явное завершение соединения: сигнальное сообщение содержит информацию о времени начала передачи блока информации. Соответственно, узел коммутации может задержать переключение коммутационного элемента на это время. Освобождение ресурсов происходит только при поступлении сигнального сообщения окончания передачи.
4. Неявное установление и плановое завершение соединения: каждое сигнальное сообщение содержит в себе информацию для отложенной настройки СКОС и время передачи блока информации.

Рисунок 1 – Модификации алгоритма *Just-In-Time*

Имитационное моделирование алгоритмов резервирования сетевых ресурсов

Для оценки эффективности применения модификаций алгоритма *Just-In-time* в оптической сети воспользуемся имитационной моделью оптической сети с коммутацией блоков информации,

предложенной автором в работе [8]. Разработанная модель использует принцип декомпозиции исследуемого объекта на следующие модули: модуль оптической линии *HDWDM*, модуль *СКОС* и алгоритм коммутации, модуль очереди управляющих сообщений, модуль источника блоков информации и, собственно, модуль протокола установления соединения. Все эти модули реализованы с использованием языков программирования *C+* и *Tool Command Language (TCL)* на базе сетевого симулятора *NS-2* [9].

На этапе инициализации модели синтезирована следующая структура оптической сети (рис.2)

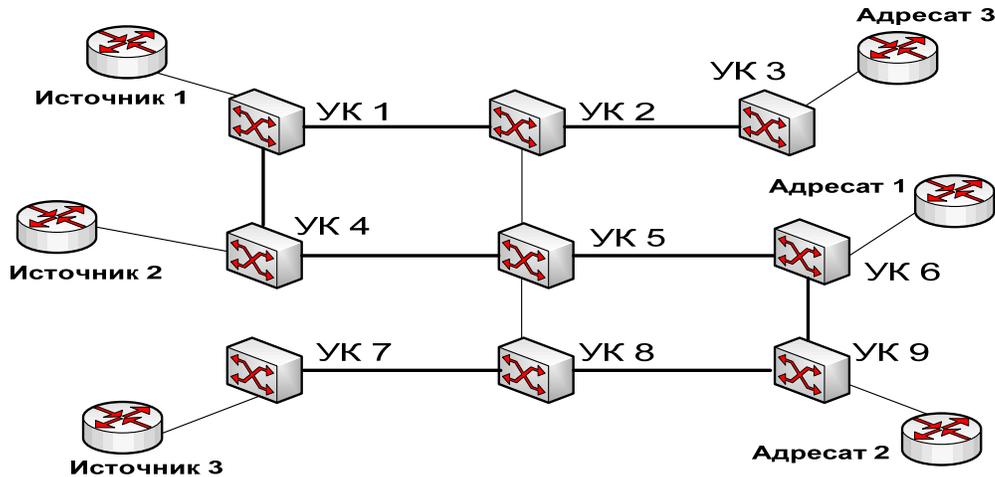


Рисунок 2 – Структура исследуемого фрагмента оптической сети

При моделировании рассматривался сценарий, когда каждый источник отправлял блоки информации только одному адресату (Источник 1 – Адресат 1, Источник 2 – Адресат 2 и т.д.). В модель изначально было заложено допущение, что размерность системы коммутации оптических сигналов в каждом узле достаточна для коммутации всех входных линий во все выходные. В качестве генератора сетевого трафика был выбран простейший поток вызовов. Остальные параметры инициализации имитационной модели приведены в таблице 1

Таблица 1 – Параметры инициализации модели

Параметр инициализации	Значение параметра
Алгоритм установления канала связи	Just-In-time
Тип маршрутизации	Статическая маршрутизация от источника
Средний размер блока информации	2 Мб
Время переключения СКОС	10 мкс
Емкость линии DWDM	32 канала
Пропускная способность канала DWDM	2 Гбит/с
Протяженность каждой линии DWDM	100 км
Скорость управляющего канала	622 Мбит/с

Процесс имитационного моделирования заключался в пошаговом изменении количества блоков информации пользователя, передаваемых за единицу времени узлом-источником и фиксации количества утерянных БИП на узлах коммутации для каждой из четырех модификаций алгоритма *JIT* [10,11]. Результаты имитационного моделирования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты имитационного моделирования

Интенсивность потока	Количество утерянных БИП (схема 1)	Количество утерянных БИП (схема 2)	Количество утерянных БИП (схема 3)	Количество утерянных БИП (схема 4)
19942	0	0	0	0
21975	0	17	0	17
24023	0	76	0	76
25996	0	227	0	227
27978	13	476	13	473
30202	19	1015	19	1022
31915	94	1698	95	1701
33959	221	2680	224	2673
36003	725	4118	726	4115
38015	953	5415	960	5372
40021	1508	7033	1504	7014

Как видно из графического представления результатов моделирования (рисунок 3), при интенсивности генерирования трафика, превышающей 21000 БИП/с, наблюдается превосходство схем №1 и №3, что позволяет сделать вывод о рациональности их использования при построении фрагментов оптических сетей.

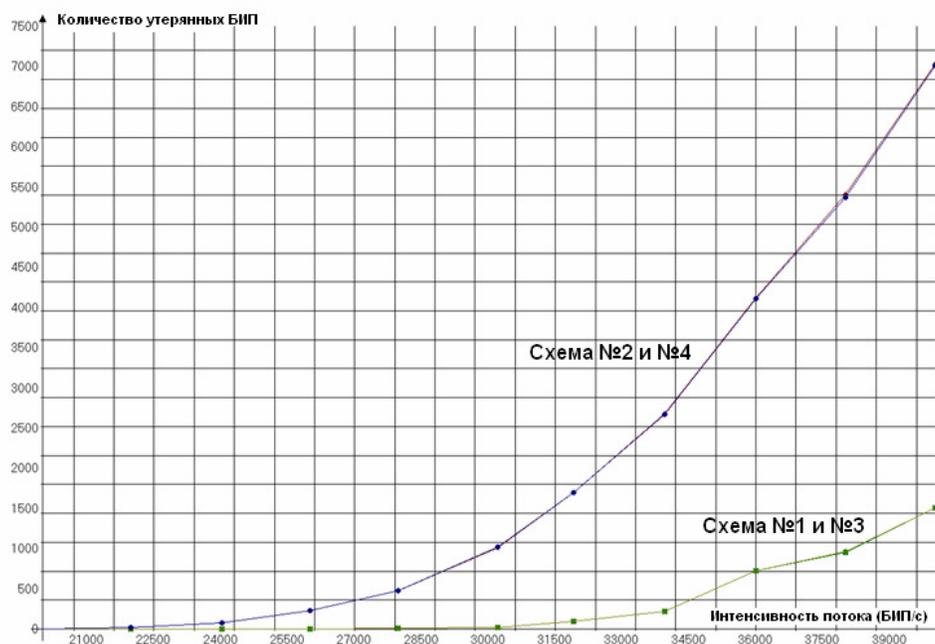


Рисунок 3 – Графическое представление результатов моделирования

Заключение

В результате исследования функционирования алгоритмов установления канала связи в сети с оптической коммутацией блоков информации и, собственно, имитационного моделирования установлено,

что модификации алгоритма JIT с явным завершением соединения являются более эффективными, чем схемы с плановым завершением соединения. Кроме того, по результатам моделирования удалось определить, что тип установления соединения никоим образом не влияет на производительность и качество обслуживания в оптической сети.

Полученные результаты позволяют не только осуществить выбор алгоритма резервирования ресурсов оптической сети, но и предложить использовать аналогичный подход для исследования иных аспектов оптических сетей с коммутацией блоков информации, в частности использовать результаты настоящей работы на этапе инициализации имитационной модели.

Благодарности

Работа опубликована при финансовой поддержке проекта **ITHEA XXI** Института информационных теорий и приложений FOI ITHEA Болгария www.ithea.org и Ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем ADUIS Украина www.aduis.com.ua.

Библиография

1. Гайворонская Г.С. Сети и системы телекоммуникаций (т.1) / Г.С. Гайворонская, М.В. Захарченко, А.И. Ещенко и др. // К.: Техника. – 2000. – 304 с.
2. Гайворонская Г.С. Особенности применения оптических коммутаторов в современных информационных сетях / Г.С. Гайворонская, А.В. Рябцов // *Applicable Information Models*. – Sofia: ITHEA, 2011. – № 22. – P. 169-181
3. Гайворонская Г.С. Проблема обеспечения полностью оптической коммутации в конвергентных сетях / Г.С. Гайворонская // *Збірник тез V МНТК «Проблеми телекомунікацій»*. – Київ. – НТУУ «КПІ». – 2011. – С.39
4. Y. Grynkov, "Some aspects of choice of switching scheme for construction of optical signals' switching system" - *KDS'2011*. – ITHEA. – pp. 34-41, Sep. 2011.
5. Гайворонская Г.С. Применение скалярных критериев выбора для определения оптимальной коммутационной схемы системы коммутации оптических сигналов / Г.С. Гайворонская, Ю.М. Гриньков // *Холодильна техніка і технологія*. – Одеса: ОДАХ. – 2011. – С.66-70
6. Jason P. Jue *Optical Burst Switched Networks* / Jue P. Jason, Vinod M. Vokkarane // Boston. – 2005. – 147 p.
7. Verma S. Optical burst switching: a viable solution for terabit IP backbone / S. Verma, H. Chaskar, R. Ravikanth // *IEEE Network*. - 14(6). – November. – 2000. – P.48–53
8. Юрий Гриньков Разработка имитационной модели для оптимизации функционирования полностью оптических сетей /Юрий Гриньков // *International Journal "Information Theories and Knowledge"*. – Sofia: ITHEA, 2012. – № 2 (Volume 6) – P. 178-183.
9. Материалы Интернет-сайта NS-2. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns> (дата обращения 26.06.2012)
10. Y. Grynkov A Possible Approach to Increasing of the Telecommunication Network's Capacity. – *Proceedings of the XI International Conference TCSET'2012*. – Lviv. – P.262
11. Гриньков Ю.М. Особенности применения концепции коммутации блоков информации при построении полностью оптических сетей / Ю.М. Гриньков // *Збірник тез COMINFO'11*. – Київ: ДУІКТ, 2011. – С. 184-185

Информация об авторе



Юрий Гриньков – Одесская государственная академия холода; аспирант кафедры информационно-коммуникационных технологий – ул. Дворянская., 1/3, Одесса – 82, 65082, Украина; e-mail: yugrnikov@gmail.com

Основные области исследований: полностью оптические сети, коммутация оптических сигналов