



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ БЛОКИРОВКИ СОЕДИНЕНИЯ В WDM ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ПРОИЗВОЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВХОДНЫМ ПОТОКОМ ЗАЯВОК

*ГУСАК О.Ю., КОБЗЕВ И.В., РУДЕНКО Д.А.*

Рассматриваются вопросы возможности блокировки соединения в WDM оптических сетях. Анализируются два вида сетей с преобразованием длины волны и без преобразования. Показывается, что различие между вероятностью блокировки запроса для модели с общим и пуассоновским распределением входного потока заявок увеличивается с возрастанием интенсивности поступления заявок в систему.

Постоянно растущий рынок телекоммуникационных услуг требует непрерывного наращивания мощностей систем связи и базовых сетей передачи данных. Наиболее перспективной технологией, способной предоставить высококачественные услуги конечным пользователям с точки зрения скорости, надежности и защищенности передаваемой информации, являются оптоволоконные сети.

В последнее время широкое распространение получила технология всеоптических (all-optical) сетей, использующая метод WDM (wavelength division multiplexing), который позволяет мультиплексировать потоки информации на основе длины волны оптического сигнала [1-5, 7]. Основная идея данного метода состоит в следующем. В целях увеличения скорости передачи информации путем уменьшения задержек в узлах коммутации сети сигнал от источника к получателю, проходя через промежуточные узловые устройства, никогда не подвергается преобразованию из оптического вида в электрический. Другими словами, все промежуточные устройства выполняют обработку сигнала только на физическом (оптическом) уровне. Маршрутизация потока данных осуществляется на основе длины волны, ассоциированной с данным соединением.

В настоящей работе наше внимание сосредоточено на логической организации оптических сетей и оценке их статистических характеристик. В зависимости от способа назначения длины волны поступившему входному запросу на соединение различают алгоритмы со случайным выбором свободной длины волны и "наименьшая свободная длина волны первой". Существуют также другие разновидности приоритетных алгоритмов назначения свободной длины волны (например, "наиболее часто используемая длина волны первой").

Кроме того, в зависимости от типа узловых устройств (устройств мультиплексирования потоков данных) различают оптические сети с преобразованием длины волны и без преобразования. В сетях без преобразования длины волны соединение между двумя точками сети (которое в общем случае может проходить через несколько промежуточных сегментов) может быть установлено только в том случае, если существует по крайней мере одна свободная длина волны с одним и тем же номером на всех промежуточных сегментах сети между исходной и конечной точкой соединения. Заметим, что порядковый номер длины волны однозначно соответствует фактическому значению длины волны, и это соответствие одинаково для всех сегментов данной сети.

Очевидно, что сети, позволяющие выполнять конвертирование длины волны в узлах коммутации, имеют преимущество, так как единственным требованием для такого рода сетей при установлении соединения является наличие свободной длины волны на всех промежуточных сегментах сети. При этом данные свободные длины волн могут иметь различный порядковый номер (и соответственно различную фактическую длину волны). Последнее означает, что вероятность блокировки запроса в таких сетях значительно меньше, чем в сетях без преобразования длины волны. Кроме того, стоимость устройств коммутации, способных мультиплексировать потоки информации с изменением несущей длины волны, на порядок выше коммутирующих устройств без преобразования длин волн.

Современные исследования в данной области направлены на получение характеристик качества обслуживания конечного пользователя (одна из которых — вероятность блокировки запроса пользователя) в зависимости от типа оптической сети и используемых алгоритмов назначения свободной длины волны поступившему запросу на соединение. Большинство предыдущих работ основано на предположении о пуассоновском распределении входного потока заявок и экспоненциальном распределении продолжительности устанавливаемого соединения.

Очевидно, что реальные входные потоки запросов могут не соответствовать указанным выше предположениям. Более того, даже в случае с пуассоновским входным потоком заявок, при использовании стратегии выбора длины волны "наименьшая свободная длина волны первой", поток заявок, поступающий на длину волны, отличной от первой (наименьшей), не является пуассоновским. Другими словами, для построения аналитической модели даже в случае с пуассоновским распределением входного потока заявок необходимо принятие дополнительных допущений, аппроксимирующих данные потоки, что в конечном итоге сказывается на точности создаваемой аналитической модели.

В данной работе авторы преследуют две цели: исследовать поведение оптических сетей в случае, когда параметры входного потока заявок имеют распределение общего вида, а также рассмотреть неравномерное распределение длины устанавливаемого соединения, т.е. количества промежуточных сегментов сети между исходной и конечной точкой

соединения [6]. Последнее предположение о неравномерном распределении расстояния между абонентами сети есть дальнейшее усовершенствование модели с точки зрения приближения ее параметров к реальным условиям функционирования системы передачи данных. Например, естественно предположить, что запросы соединения на короткие расстояния более вероятны. Фактически это справедливо для телефонных сетей, в которых вероятность локальных соединений (например, в пределах города) намного выше, чем вероятность соединений в пределах региона (страны). В настоящей модели для расстояния между произвольными абонентами сети используется распределение следующего вида:

$$P(\text{расстояние} = i \text{ сегментов}) = \frac{D_{\max} - i}{\sum_{i=1}^{D_{\max}} i},$$

где  $D_{\max}$  есть максимальное расстояние между двумя точками данной сети.

Для исследования характеристик функционирования оптической сети была построена имитационная модель с использованием объектно-ориентированной технологии языка C++. Объектом исследования является сеть с ячеистой структурой (сеть с топологией типа "mesh"). В качестве распределения входного потока заявок используется Гамма распределение с варьируемым параметром  $\alpha$ .

В процессе исследований были получены следующие результаты. Во всех случаях модели с пуассоновским потоком заявок "переоценивают" вероятность блокировки запроса. Различие между вероятностью блокировки запроса для модели с общим и пуассоновским распределением входного потока заявок увеличивается с возрастанием интенсивности поступления заявок в систему. Алгоритм "наименьшая свободная длина волны первой" имеет преимущество (вероятность блокировки запроса меньше) по сравнению с алгоритмом случайного выбора длины волны. При неравномерном распределении расстояния между абонентами соединения, с ростом числа узлов в сети вероятность блокировки запроса для сетей без преобразования длины волны со стратегией "наименьшая свободная длина волны первой" приближается к вероятности блокировки запроса в сетях, допускающих преобразование длины волны.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующие выводы. Во-первых, существующие аналитические модели для определения вероятности блокировки запроса в WDM оптических сетях, базирующиеся на предположении о пуассоновском входном потоке заявок и экспоненциально распределенной длительности соединения, могут быть использованы только для прикидочных расчетов реальных сетей, входные потоки которых имеют произвольное распределение. Кроме того, если статистический анализ входного потока заявок свидетельствует о пуассоновском распределении последнего, упомянутые выше аналитические модели могут быть использованы с достаточной степенью точности, независимо от распределения длительности соединения. Во-вторых, принимая во внимание

тот факт, что в эксплуатируемых сетях расстояния между двумя точками устанавливаемых соединений распределены неравномерно, а именно, короткие соединения более вероятны, затраты на построение оптической сети могут быть значительно сокращены путем отказа от преобразователей длины волны в узлах сети. Заметим, что стоимость узлового коммутатора, позволяющего преобразовывать длины волн в узлах оптической сети, на порядок превосходит коммутатор, выполняющий обычное кросс-соединение входных и выходных портов узла сети.

**Литература:** 1. Barry R., Humblet P. Models of Blocking Probability in All-Optical Networks with and without Wavelength Changers // IEEE INFOCOM'95, Boston, April, 1995. Vol. 2. P. 402-412. 2. Harai H., Murata M., Miyahara H. Performance Analysis of Wavelength Assignment Policies in all-Optical Networks with Limited-Range Wavelength Conversion // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, September 1998. Vol. 16, No. 7.3. Jeong G. and Ayanogl E. Comparison of Wavelength-Interchanging and Wavelength-Selective Cross-Connects in Multiwavelength All-Optical Networks // IEEE INFOCOM '96, 1996. Vol. 1, March. P. 156-163. 4. Karasan E., Ayanoglu E. Effect of Wavelength Routing and Selection Algorithms on Wavelength Conversion Gain in WDM Optical Networks // IEEE/ACM Transactions on Networking, April 1998. Vol. 6, No. 2. P. 186-196. 5. Kovacevic M., Acampora A. On Wavelength Translation in All-Optical Networks // IEEE INFOCOM'95, April, 1995. Vol. 2. P. 413-422. 6. E. Pinsky, A. Conway. Stochastic Modeling and Analysis of WDM Lightwave Networks // IEEE INFOCOM'94, Toronto, June, 1994. Vol. 2. P. 560-568. 7. J. Yates, J. Lacey, D. Everitt and M. Summerfield. Limited-Range Wavelength Translation in All-Optical Networks // IEEE INFOCOM'96, March 1996. Vol. 3. P. 954-961.

Поступила в редколлегию 07.06.99

**Рецензент:** д-р техн. наук Зацеркляный М.М.

**Гусак Олег Юрьевич**, аспирант факультета компьютерной инженерии Университета Билькента (Анкара, Турция). Научные интересы: компьютерные сети, программное обеспечение, моделирование. Увлечения, хобби: волейбол, плавание с аквалангом. Адрес: Турецкая республика, 06533, Анкара, Университет Билкент, факультет компьютерной инженерии, e-mail gusak@cs.bilkent.edu.tr

**Кобзев Игорь Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем и технологий в деятельности ОВД Университета внутренних дел. Научные интересы: стохастическое моделирование, программное обеспечение. Адрес: Украина, Харьков, 61166, ул. Новгородская, 44, кв.19. тел. 30-71-75, e-mail k\_infsis@adm.univd.kharkov.ua

**Руденко Диана Александровна**, канд. техн. наук, ассистент кафедры применения ЭВМ ХТУРЭ. Научные интересы: управление сложными объектами, программное обеспечение. Адрес: Украина, 61012, Харьков, ул. К.Маркса, 13/15, кв.33, тел. 23-13-96.