

УПРАВЛЕНИЕ НАЗНАЧЕНИЕМ ДЛИН ВОЛН СВЕТОВЫМ МАРШРУТАМ В СЕТЯХ DWDM

Агеев Д.В., Переверзев А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. ТКС, тел. (057) 702-13-06,

E-mail: tk@kture.kharkov.ua ; факс (057) 702-11-13

The technology of wavelength division multiplexing provides the most scalable and cost-effective way to increase the capacity of fiber-optic channels than technology that does not use multiplexing streams of fiber-optic channels. In addition to the methods described above, there is a method for solving RWA based on the use of optical converters, they can be used to change the wavelength of the light route, thus greatly increasing network capacity, but the cost of building such a network is also growing. The proposed method takes into account the distribution of wavelengths FWM nonlinear phenomenon by introducing additional constraints: the total input power, the use of the frequency plan with a distance between the frequencies of wavelengths

Развитие современных мультисервисных телекоммуникационных систем характеризуется предоставлением большого числа сервисов, что приводит к увеличению объема передаваемого трафика. Для передачи большого объема трафика между сетями используют транспортные сети. Большой объем передаваемого трафика выдвигает требование к транспортной сети по обеспечению больших скоростей, по этой причине современных транспортных сетей строятся на основе технологии волоконно-оптических сетей DWDM. DWDM относится к сетям маршрутизации длин волн, где передача трафика между узлами сети происходит через световой маршрут. Световой маршрут – это оптическое соединение точка – точка использующие определенную длину волны вдоль всего маршрута передачи потока.

Технология мультиплексирования по длине волны позволяет получить наиболее масштабируемый и рентабельный способ увеличения пропускной способности волоконно-оптических каналов, чем технология, которая не использует мультиплексирование потоков в волоконно-оптических каналах. Среди задач, которые необходимо решить при построении транспортной сети на основе технологии DWDM, есть задача распределения длин волн.

Цель данной работы является повышение качества передаваемых услуг в полно-оптических сетях DWDM (без использования оптических конверторов) за счет уменьшения числа коллизий.

При использовании сетей на основе технологии DWDM основными задачами управления являются: маршрутизация и назначения длин волн световым маршрутам (RWA). Основные методы решения задачи RWA приведены ниже:

- Статическое распределение;
- Динамическое распределение;

Статическое распределение применяется при условии, что назначенный порядок длин волн световым маршрутам и распределения световых маршрутов не изменяются или изменяются редко (единицы изменения месяцы).

Динамическое распределение применяется при условии, что назначенный порядок длин волн световым маршрутам и распределения световых маршрутов изменяются довольно часто (единицы изменения минуты).

Кроме методов приведенных выше, есть метод решения задач RWA основанный на применении оптических конверторов, с их помощью можно изменять длину волны в световом маршруте, вследствие чего значительно расширяется пропускная способность сети, однако стоимость построения такой сети так же растет.

Решение задачи RWA можно разделить на две подзадачи: задача маршрутизации и задача назначения длин волн этим маршрутам. Эта работа посвящена методу назначения длин волн световым маршрутам, при котором уменьшается количество коллизий.

В данной работе рассматривается метод статического распределения при решении задачи RWA. Решения задачи распределения использованных длин волн в сети на основе технологии WDM были рассмотрены в работах [1, 2, 3]. Однако все эти работы имели общие ключевые недостатки:

- не учитывается необходимое расстояние между длинами волн;
- не ограничивается количество длин волн согласно частотному плану;
- не учитываются нелинейное явление четырехволнового смешивания (ЧВС).

ЧВС – явление, возникающее при передаче трех или более световых сигналов w_i , w_j и w_k , распространяющихся по одному волокну, возникают паразитные сигналы, которые приводят к коллизиям с полезным передаваемым сигналом. Длину волны, на которой возникают паразитные сигналы можно определить с помощью выражения:

$$w_{ijk} = w_i + w_j - w_k \quad (1)$$

Последствием ЧВС является появление побочных сигналов, некоторые из которых могут соответствовать частотам рабочих каналов, которое может привести к росту ошибок и ухудшению эффективности системы DWDM. Приведем способы уменьшения влияния ЧВС:

- уменьшение мощности оптического сигнала в канале DWDM;
- увеличение частотного расстояния между длинами волн, использующихся в одном волокне.

Из работы [4] получим значение допустимого предела мощности появления ЧВС суммарной от мощности накачки. Для удобства расчета необходимо получить граничное значение в виде мощности входного сигнала. Используя работу [3] выведем формулу зависимости мощности накачки от суммарной мощности сигнала.

$$P_p = P_{ex} \cdot G / E_q \quad (2)$$

где P_p – мощность накачки, P_{ex} – входная мощность сигнала, G – коэффициент усиления усилителя, E_q – квантовая эффективность излучателя.

На основании выражения(1,2) можно получить выражения допустимого значения мощности:

$$P_d = P_p \cdot E_q / G \quad (3)$$

Ограничение на суммарную мощность входного сигнала:

$$\sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} P_0 \cdot \alpha_p \cdot L_e \cdot \alpha_e \cdot x_{ke}^\lambda \leq P_d, \quad (4)$$

где k – соединение между парой источник-получатель, λ – длина волны, e – канал связи, P_0 – начальная мощность сигнала, L_e – длина волокна, α_e – затухание в волокне, α_p – затухание, вносимое оптическими разъемами,

$x_{ke}^\lambda = \begin{cases} 1, & \text{если используется в } e \text{ канале связи длина волны } \lambda \text{ при } k \text{ соединении;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$

Введем ограничение на использование частотного плана с расстоянием между частотами длин волн в 100 ГГц:

$$M \cdot y_e \geq \sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} x_{ke}^\lambda, e \in E, \quad (5)$$

где M – количество каналов частотного плана (в нашем случае 40);

где $y_e = \begin{cases} 1, & \text{если используется } e \text{ канал связи;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$

Существует ряд методов назначения длин волн маршрутам. Описание методов назначения длин волн при выборе световых путей приведены в работе [1]. Наиболее распространенными являются метод First-fit и Random.

Суть метода Random заключается в том, что при передачи трафика от отправителя к получателю используется длина волны назначается случайным образом.

Метод First-fit реализуется предварительным определением порядка длин волн, при передачи трафика от отправителя к получателю используется длина волны назначается, с самым низким индексом.

Недостатком метода First-fit является неравномерное использование заданного частотного диапазона длин волн при назначении световым маршрутам, статистические данные исследования приведены ниже.

Поэтому рассмотрим метод "Гибридный". Опишем алгоритм метода: на первой итерации равномерно распределяются длины волн с шагом между частотами 3; на второй итерации с шагом 7; на третьей с шагом 11; на четвертой итерации с шагом 13; на следующей итерации случайным образом выбираются длины волн. Таким образом, предложенный метод исключает недостаток метода First-fit. Метод "Гибридный" является объединением предыдущих методов: при не большом количестве необходимых длин волн метод ведет себя как First-fit только с изменяющимся шагом между частотами длин волн; при большом количестве необходимых длин волн небольшое количество длин волн выбирается методом First-fit с изменяющимся шагом между частотами длин волн, а остальная часть с помощью метода Random.

Проведем сравнение этих методов на заданных топологиях оптической сети по параметру количества коллизий между полезным сигналом и сигналами-помехами возникающими при явлении ЧВС.

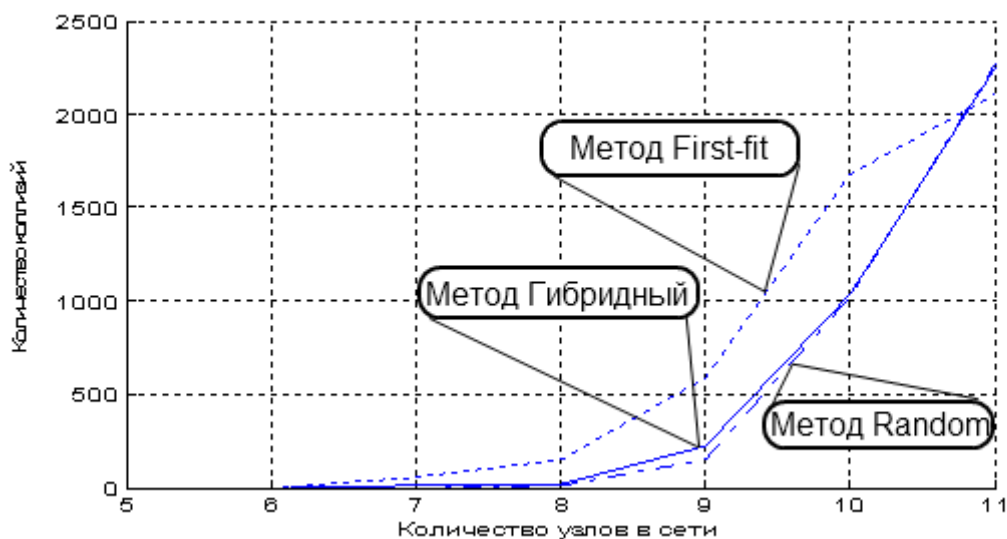


Рис. 1 Зависимость количества коллизий от числа узлов сети для различных методов

Таблица 1

Количество узлов в топологии сети	Количество коллизий		
	Метод First-fit	Метод Random	Метод "Гибридный"
7	52	0	8
8	152	8	16
9	592	148	220
10	1680	1020	1032
11	2112	2280	2256

На рис.1 показан анализ зависимости методов назначения длин волн световым маршрутам от количества узлов в сети и числа коллизий между полезным сигналом и сигналами-помехами.

Из результатов анализа таблицы 1 видно, что метод Random обеспечивает более равномерную загрузку выделенного диапазона длин волн и как следствие более равномерное расстояние между использованными длинами волн. Но при числе узлов более 10, это преимущество теряется, все три метода показывают близкие результаты однако, методы First-fit и "Гибридный" обеспечивает меньшее количество коллизий. Это можно объяснить тем, что задействовано большое количество длин волн из заданного диапазона поэтому метод Random не эффективно применять.

В результате проведенного в работе исследования можно сделать вывод, что ранее известные методы решения задачи управления распределения длин волн использующихся в транспортной сети на основе технологии DWDM имеют общий недостаток – не учитывалось нелинейного явления четырехволнового смешивания.

Предложенный метод распределения длин волн учитывает нелинейное явление ЧВС за счет введения дополнительных ограничений: на суммарную мощность входного сигнала; на использование частотного плана с расстоянием между частотами длин волн в 100 ГГц. Так же был проведен сравнительный анализ методов назначения длин волн световым маршрута: First-fit, Random, "Гибридный" предложенный по параметру – количество коллизий. В ходе которого можно сделать вывод, что эффективнее использовать предложенный метод "Гибридный" чем существующие методы, так как, при небольших размерностях топологий сети он эффективнее чем First-Fit, а при больших размерностях лучше чем Random по критерию количества коллизий.

Литература: 1. *Ramaswami, R.* Routing and wavelength assignment in all-optical networks / R. Ramaswami, K.N. Sivarajan // IEEE/ACM Transaction on Networking. 1995. 5(3). P.489-501.

2. *Baroni, S.* On the number of wavelengths in arbitrarily-connected wavelength-routed optical networks/ S. Baroni, P. Bayvel, R.J. Gibbens // Optical Society of America/TOPS. 1998. 20. P. 195-204.

3. *Mauricio, G. C.* Handbook of Optimization in Telecommunications. New York:Springer Science + Business Media, 2006. 1120 p.

4. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир Год, 1996.– 324 с..