

10. Каплан Роберт Р. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Роберт Р. Каплан, Дейвид П. Нортон; [пер. с англ.]. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. - 304 с.
11. Андросенко Н.В. Система сбалансированных показателей: критический анализ / Н.В.Андросенко, К.М.Рахлин // Век качества. - 2004.-№ 3.- с. 22 - 26.
12. Недосекин А. Balanced Scorecard: плюсы, минусы, проблемы внедрения / А.Недосекин // Менеджер и менеджмент. - 2003. - № 11-12. - с. 13 - 17.
13. Нивел Пол Р. Сбалансированная Система Показателей: шаг за шагом: максимальное повышение эффективности и закрепление полученных результатов / Пол Р. Нивел; [пер. с англ.] - Днепропетровск: Баланс Бизнес Брукс, 2004. - 328 с.
14. Горбашко Е. Концепция сбалансированной системы показателей и управление качеством: на пути к интеграции / [Е.Горбашко, Дюкло Н.-Л., Соболевская. - Малышева А.] // Стандарты и качество.- 2009.- № 5. - с. 56 - 61.
15. Сыроежин И.М. Совершенствование системы показателей эффективности и качества / И.М.Сыроежин. - М.: Экономика, 1980. - 192 с.

УДК 621.391

ПЛАНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН ВОЛН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ DWDM

Д. В. Агеев

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: (057) 702-13-20
E-mail: dm@ageyev.in.ua

В. К. Ковальчук

Доцент*
Контактный тел.: (057) 63-50-83
E-mail: tcs@kture.kharkov.ua

А. А. Переверзев

Аспирант
*Кафедра «Телекоммуникационные системы»
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
Контактный тел.: 095-358-71-99
E-mail: pereverzev_aa@mail.ru

Приведене математичне формулювання задачі розподілу довжин хвиль по світловим шляхам волоконних каналів зв'язку транспортної мережі з урахуванням явища чотирьоххвильового змішування. Запропонований метод розподілу довжин хвиль, який враховує нелінійне явище чотирьоххвильового змішування за рахунок введення додаткових обмежень

Ключові слова: світовий шлях, чотирьоххвильове змішування

Приведена математическая формулировка задачи распределения длин волн по световым путям волоконных каналов связи транспортной сети с учетом явления четырехволнового смешивания. Предложен метод распределения длин волн, который учитывает нелинейное явление четырехволнового смешивания за счет введения дополнительных ограничений

Ключевые слова: световой путь, четырехволновое смешивание

The mathematical formulation of the distribution of wavelengths of light paths optic communication channels of the transport network, taking into account four-wave mixing phenomenon. Proposed method of distribution of wavelengths, which allows for nonlinear four-wave mixing phenomenon by introducing additional con-straints

Key words: light paths, four-wave mixing

1. Введение

Этап развития современных мультисервисных телекоммуникационных систем характеризуется предоставлением большого числа сервисов и услуг, которые, в свою очередь, влекут рост объема передаваемого трафика. За передачу большого объема трафика между сетями отвечают транспортные сети. С ростом объема

передаваемого трафика в современных мультисервисных сетях, приводит к тому, что главным требованием для транспортной сети является предоставление больших скоростей, по этой причине современные транспортные сети строятся на основе технологии волоконно-оптических сетей DWDM, которые обеспечивают большую скорость передачи различного вида трафика. DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing –

уплотненное мультиплексирование с разделением по длине волны. Является развитием технологии WDM. Эта технология позволяет получить наиболее масштабный и рентабельный способ расширения полосы пропускания волоконно-оптических каналов в сотни раз. Среди задач, которые необходимо решить при построении транспортной сети на основе технологии DWDM, есть задача распределения длин волн.

В данной статье рассмотрен метод распределения длин волн в транспортной сети на основе технологии DWDM.

2. Обзор существующих методов распределения длин волн при проектировании транспортной сети на основе технологии DWDM

При использовании сетей на основе технологии DWDM основными задачами проектирования 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 (периодичность изменений: недели, месяцы).

Динамическое распределение применяется при условии, что назначенный порядок длин волн световым маршрутам и распределения световых маршрутов изменяются довольно часто (периодичность изменений: 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 также растет.

В данной работе рассматривается метод статического распределения при решении задачи RWA. Рассмотрим основные формулировки и недостатки некоторых работ, посвященных этому вопросу.

В работе [1,2] рассмотрены математические формулировки задачи распределения длин волн при использовании критериев: минимум числа, заблокированных соединений и максимум числа установленных соединений соответственно. Пути между источником и потребителем в графе сети заданы заранее, это формулировка называется "path formulation ILP". Так как число путей между парами источник и получатель экспоненциально зависят от числа узлов в графе, что приводит к экспоненциальному росту переменных. Это является недостатком данной формулировки, которая на практике решается посредством ограничения множества потенциально используемых путей.

В работе [3] рассмотрено решение задачи распределения длин волн при использовании специального раздела теории графов, который посвящен разбиению множества вершин графа на классы попарно несмеж-

ных между собой вершин, при котором количество таких классов должно быть наименьшим. Другими словами, используя теорию раскрасок графов, уменьшается размерность заданного графа и, как следствие, высокое быстродействие этого метода. Однако недостатком этого подхода является отсутствие поиска всех маршрутов, из которых можно выбрать кратчайшие.

В статье в качестве основной математической формулировки распределения длин волн выбран критерий минимума нагрузки при использовании всех возможных соединений между отправителями и потребителями. Этот критерий был выбран, потому что он учитывает возникновение петель при выборе светового пути для передачи трафика, так же добавлено ограничение, вследствие которого уменьшается количество переменных. Этот метод подробно рассматривается в разделе данной статьи: «Рассмотрение математической формулировки задачи распределения длин волн в транспортной сети на основе технологии DWDM».

Однако общим недостатком этих формулировок является следующее – не учитывается явления четырехволнового смешивания, которое может приводить к искажению передаваемой информации.

3. Математическая постановка задачи распределения длин волн в транспортной сети на основе технологии DWDM

Опишем постановку задачи и ее математическую модель. Задана транспортная сеть на основе технологии DWDM. Информационные потоки, передаваемые через транспортную сеть, используют одну и ту же длину волны вдоль всего светового пути. То есть в заданной транспортной сети не используются оптические конверторы. Транспортная сеть описывается следующими множествами:

$A = \{a_i\}$ – множество абонентов проектируемой сети;

$N = \{n_i\}$ – множество узлов оптической DWDM – сети;

$L = \{l_i\}$ – множество каналов связи оптической сети;

$K = \{k_i\}$ – множество пар источник-получатель, $k_i = (a_k, a_m)$;

$\Pi_k = \{\pi_i\}$ – множество маршрутов при установлении соединения между источником и получателем;

$\Lambda = \{\lambda_i\}$ – множество длин волн, использование

которых допустимо в рамках используемой технологии оптической сети.

Необходимо найти распределение длин волн на световых путях волоконных каналах связи транспортной сети.

Критерием оптимальности является минимум суммарной нагрузки на сеть, при использовании всех возможных пар соединений между источником и назначением в заданной транспортной сети. При достижении этого критерия достигается максимум оптимального использования пропускной способности.

В работе [4] приведена следующая математическая формулировка задачи распределения длин волн, где целевая функция имеет вид:

$$Z_\lambda = \sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} x_{kl}^\lambda \rightarrow \min, \quad (1)$$

где

$$x_{kl}^\lambda = \begin{cases} 1, & \text{если при } k \text{ соединении используется } \lambda \\ & \text{длина волны} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

При $x_\lambda = 1, \lambda \in \Lambda$.

Опишем ограничения:

$$\sum_{\lambda \in \Lambda} x_k^\lambda = x_k, \lambda \in \Lambda, \quad (2)$$

где $x_k^\lambda = \begin{cases} 1, & \text{если используется } \lambda \text{ длина волны} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

$$x^\lambda \geq x_k^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, \quad (3)$$

где $x^\lambda = \begin{cases} 1, & \text{если используется } \lambda \text{ длина волны} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

$$\sum_{k \in K} x_{kl}^\lambda \leq x^\lambda, l \in L, \lambda \in \Lambda \quad (4)$$

$$\sum_{l \in \omega(v_i)} x_{kl}^\lambda = x_k^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, v_i \in \{s_k, d_k\} \quad (5)$$

$$\sum_{l \in \omega(v_i)} x_{kl}^\lambda \leq 2x_k^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, v_i \in V \setminus \{s_k, d_k\} \quad (6)$$

$$\sum_{l^1 \in \omega(v_i), l^1 \neq l} x_{kl^1}^\lambda \geq x_{kl}^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, v_i \in V \setminus \{s_k, d_k\} \quad (7)$$

$$\sum_{p \in P_k} x_{kp}^\lambda = x_k^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, \quad (8)$$

где $x_{kp}^\lambda = \begin{cases} 1, & \text{если при } k \text{ соединении используется} \\ & \lambda \text{ длина волны на маршруте } p \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

$$x_{kl}^\lambda = \sum_{\pi \in \Pi_k} b_{l\pi} x_{k\pi}^\lambda = x_k^\lambda, \lambda \in \Lambda, k \in K, l \in L \quad (9)$$

Условия (2) и (3) гарантирует, что для передачи потока между источником и назначением, будет использоваться только одна длина волны из набора допустимых длин волн.

Условие (4) гарантирует, что в любом оптическом канале связи не будет использоваться одна и та же длина волны для передачи разных информационных потоков.

Условия (5)-(7) являются условиями связности сети и существования пути без циклов для передачи потоков на каждой из используемых длин волн.

Ограничение (8) является условием того, что для пар источник назначение будет использоваться только один маршрут.

Ограничение (9) используется для уменьшения количества использованных переменных x_{kl}^λ .

Недостатками данной формулировки:

– не учитывается необходимое расстояние между длинами волн;

– не ограничивается количество длин волн согласно частотному плану;

– не учитываются нелинейное явление четырехволнового смешивания (ЧВС).

4. Природа явления 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:

$$w_{ijk} = w_i \pm w_j \pm w_k \quad (12)$$

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.

5. Методы устранения описанных недостатков

Введем дополнительные коэффициенты в целевую функцию, которые учитывают стоимость использования и прокладки оптических каналов связи, которая примет вид:

$$Z = \sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} C_\lambda \cdot x_{ke}^\lambda + \sum_{e \in E} C_e \cdot y_e \rightarrow \min, \quad (13)$$

где C_λ – стоимость использования пропускной способности, C_e – стоимость прокладки волоконно-оптической линии,

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

Введем ограничение на мощность входного сигнала в волокне DWDM. Из работы [2] получим значение допустимого предела мощности появления ЧВС суммарной от мощности накачки. Однако необходимо по-

лучить граничное значение в виде мощности входного сигнала. В работе [3] приведена формула зависимости мощности накачки от суммарной мощности сигнала.

$$P_p = P_{вх} \cdot G / E_q \tag{14}$$

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

Следовательно, допустимое значение мощности приведено ниже:

$$P_d = P_p \cdot E_q / G \tag{15}$$

Ограничение на суммарную мощность входного сигнала:

$$\sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} P_0 \cdot \alpha_p \cdot L_e \cdot \alpha_e \cdot x_{ke}^\lambda \leq P_d, \tag{16}$$

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

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

$$M \cdot y_e \geq \sum_{k \in K} \sum_{\lambda \in \Lambda} x_{ke}^\lambda, e \in E, \tag{17}$$

где M – количество каналов частотного плана.

Для решения заданной формулировки постановки задачи распределения длин волн была разработана утилита, которая позволяет конвертировать исходных данных оптимизационного пакета CPLEX v.12, который использовался для решения. В результате решения задачи был выявлен недостаток формулировки – отсутствие метода назначения индексам длин волн, которые распределены световым маршрутам соответствующих длин волн согласно частотному плану заданной технологии.

Существует ряд методов назначения длин волн маршрутам. Описание методов назначения длин волн при выборе световых путей приведены в работе [5]. Наиболее распространенными являются метод first-fit и random.

Суть метода random заключается в том, что при передаче трафика от отправителя к получателю назначается случайным образом длина волны, которая будет, используется при передаче этого трафика.

Метод first-fit после определения множества световых путей $\Pi(\pi_i), i = 1, m$ каждому пути ставит в соот-

ветствие длину волны $\lambda_j \in \Lambda$ так, что выполняется равенство $i=j$, где $j=1$ соответствует минимальному значению длины волны.

Сравним эти методы на заданной топологии оптической сети.

На рисунке 2 длинными линиями обозначены полезные сигналы; короткими линиями побочные составляющие, которые возникли в результате явления четырехволнового смешивания; крестиком обозначены случаи, когда побочная составляющая совпадает с полезным сигналом. Из рисунка 2 видно, что при использовании метода first-fit побочные сигналы, возникающие вследствие четырехволнового смешивания, попадают на частоты сигналов, что приводит к искажению передаваемой информации.

ны случаи, когда побочная составляющая совпадает с полезным сигналом. Из рисунка 2 видно, что при использовании метода first-fit побочные сигналы, возникающие вследствие четырехволнового смешивания, попадают на частоты сигналов, что приводит к искажению передаваемой информации.

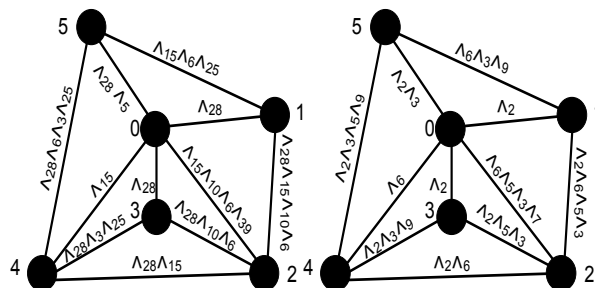


Рис. 1. Сравнение методов назначения длин волн

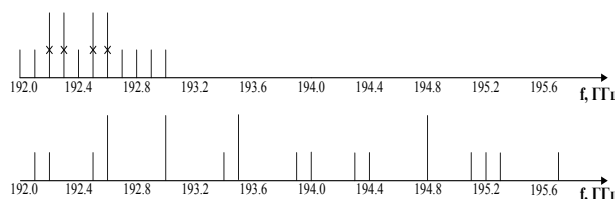


Рис. 2. Сравнение методов назначения длин волн на ребре между 1 и 2 вершиной

Из рисунков видно, что метод случайного назначения длин волн лучше, так как обеспечивает неравномерный шаг между длинами волн в волокне в отличие от метода first-fit.

6. Заключение

В статье проведен анализ основных математических формулировок задачи распределения длин волн при проектировании сети на основе технологии DWDM. В ходе проведенного анализа был выявлен общий недостаток ранее известных методов: не учитывание явления четырехволнового смешивания, которое может приводить к искажению передаваемой информации.

В статье приведена математическая формулировка задачи распределения длин волн по световым путям волоконных каналов связи транспортной сети с учетом явления четырехволнового смешивания. Предложен метод распределения длин волн, который учитывает нелинейное явление ЧВС за счет введения дополнительных ограничений:

- на суммарную мощность входного сигнала;
- на использование частотного плана с расстоянием между длинами волн в 100 ГГц.

Так же в статье был проведен сравнительный анализ существующих методов назначения длин волн, который позволил сделать заключение, что метод случайного назначения длин волн минимизирует влияние

Література

1. Ramaswami, R. Routing and wavelength assignment in all-optical networks [Text] / 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 [Text] / S. Baroni, P. Bayvel, R.J. Gibbens // Optical Society of America/TOPS. – 1998. – P. 195-204.
3. Каминецкий, И.С. Применение теории графов для оптимизации распределения длин волн в ВОСП СР [Текст] // Труды учебных заведений связи. – 2004. – №171. – С. 48-60.
4. Mauricio, G. C. Handbook of Optimization in Telecommunications. New York:Springer Science + Business Media [Text] – 2006. – 1120 p.
5. Ramesh, G. Reliable Routing and Wavelength Assignment for Optical WDM Networks [Текст] / G. Ramesh, S. Sundaravadivelu // European Journal of Scientific Research. – 2010. – Vol.48, №1. – P. 85-96.

Розглянуто механізм формування ряду альтернативних напрямів розвитку комунального підприємства з використанням SWOT - аналізу, а також можливість застосування матриці впливу альтернатив задля вибору найбільш пріоритетного з них

Ключові слова: програма розвитку, матриця, комунальне підприємство, стратегія, альтернатива

Рассмотрен механизм формирования ряда альтернативных направлений развития коммунального предприятия с использованием SWOT – анализа, а также возможность применения матрицы влияния альтернатив ради выбора наиболее приоритетного из них

Ключевые слова: программа развития, матрица, коммунальное предприятие, стратегия, альтернатива

The mechanism of forming of row of alternative directions of development of communal enterprise is considered with the use of SWOT- analysis, and also possibility of application of matrix of influencing of alternatives for the sake of choice most priority from them

Keywords: program of development, matrix, communal enterprise, strategy, alternative

УДК 658.5

ФОРМУВАННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

А.Ю. Старостіна

Аспірант

Кафедра управління проектами в міському господарстві та будівництві
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002
Контактний тел.: 099-053-29-00
E-mail: Starostina-2010@yandex.ua

1. Вступ

Комунальні підприємства з водопостачання та водовідведення (КП з ВП та ВВ), як і будь-які інші підприємства діють згідно зі своїми організаційними стратегіями управління, які мають виступати запорукою збалансованого та ефективного розвитку підприємства з урахуванням умов оточуючого середовища, а також внутрішніх динамічних процесів самої організації. Вибір підприємством організаційної стратегії управління залежить від багатьох факторів,

в тому числі: масштаб підприємства, конкурентне середовище, особливості групи споживачів, специфіки виробництва, тощо.

В силу того, що КП з ВП та ВВ є життєво-важливим для свого регіону, та є монополістом у даній галузі, а також з урахуванням багатогранного спектру послуг, які надають дані підприємства, і їх значного масштабу, реалізація обраної організаційної стратегії управління потребує запровадження додаткового інструментарію, використання якого забезпечить ефективне створення, удосконалення та накопичення цінностей. На