

Обработка информации о маршрутизации в оптических сетях на основе метода нечёткой логики

О.Г. Шерстнева

Статья является обзорной и выполнена по материалам зарубежных источников. На основе модуля первичной обработки входных параметров в оптической сети приведены результаты использования метода неточной логики для определения наиболее выгодного маршрута с точки зрения его стоимости и наличия сетевых ресурсов.

Ключевые слова: оптические сети, нечёткая логика, лингвистическая переменная, система нечётких выводов, эвристика, алгоритмы маршрутизации, функция принадлежности.

1. Введение

Один из подходов создания информации о состоянии каналов в оптических сетях основан на использовании метода нечёткой логики. В основе этого метода лежат два правила. Первое – информация о состоянии канала при маршрутизации должна использоваться реже, если нагрузка на сеть невелика. Второе – при возрастании нагрузки информация о состоянии канала при маршрутизации должна использоваться чаще. Рациональное зерно в этих правилах очень простое. В первом случае неточности в информации о состоянии сетевых ресурсов (число длин волн, число преобразователей длин волны) не увеличивают вероятность блокировки вызова, так как устаревшая информация о неиспользованных ресурсах ещё действительна. Во втором случае сеть становится более загруженной и, в связи с этим, большинство из ресурсов, изменившихся за время после последней корректировки, увеличивают возможность ошибки в информации о состоянии каналов. Таким образом, для того чтобы избежать увеличения вероятности блокировки вызова, информация о состоянии каналов должна чаще обновляться. Результатом применения этих правил является снижение объёма передаваемой по сети информации о состоянии каналов без увеличения вероятности блокировки вызова. В статье предлагается метод обработки информации о маршрутизации на основе метода нечёткой логики.

2. Модуль первичной обработки входных параметров

В предлагаемом подходе правило нечёткого вывода используется для назначения нечёткого расхода сетевых ресурсов для каждого пути на основе чётких показателей, отражающих наличие этих ресурсов в сети. Модуль первичной обработки входных параметров для реализации методов нечёткой логики берёт эти точные входные данные и генерирует нечёткие значения, которые могут быть использованы системой нечётких выводов. Далее, система нечётких выводов применяет правила, имеющиеся в базе для генерирования нечётких значений

для каждого возможного пути. Затем модуль обработки данных нечёткой логики из неточных стоимостей генерирует точную стоимость каждого возможного пути. В конечном итоге, модуль выбора маршрута сравнивает расходы всех возможных маршрутов и выбирает наиболее подходящий путь.

Предлагаемый модуль обработки входных параметров на основе нечёткой логики показан на рис. 1. В этом модуле k -наикратчайших путей используются для отбора наиболее подходящих маршрутов для требуемого светового пути. В тоже же время модуль контролирует наличие ресурсов длины волны и возможность преобразования длины волны в домене сети путём доступа в базу данных состояния канала протокола маршрутизации и регистрирует сообщения о сетевых ресурсах. Модуль назначения длины волны мобилизует эвристику, разработанную в [1] и названную «эвристика назначения наиболее непрерывной длины волны». В этой эвристике набор длин волны назначается для маршрута, на котором используется как можно меньше преобразователей длины волны. Эвристика назначения наиболее непрерывной длины волны работает, выбирая длины волн, которые наиболее непрерывны и использует преобразование только тогда, когда оставшийся до пункта назначения путь не может быть продолжен на той же волне.

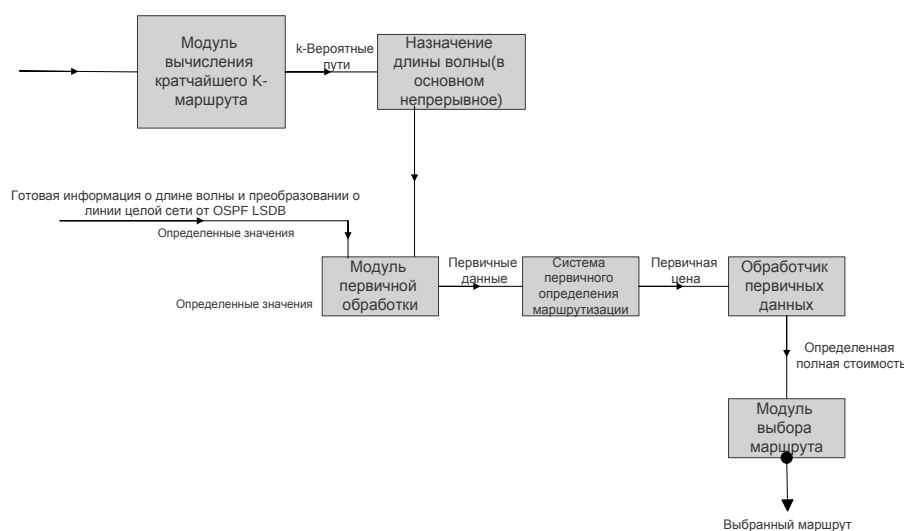


Рис. 1. Модуль выбора маршрута на основе нечёткой логики

В оптических DWDM сетях использование традиционных стратегий маршрутизации, которые основываются на оценке единого показателя маршрутизации, нецелесообразно. В таких сетях важно использование таких алгоритмов маршрутизации, которые обеспечивали бы оптические пути с наименьшими затратами и в тоже время с наименьшей возможностью блокировки светового пути. Кроме того, алгоритмы маршрутизации должны учитывать информацию об использовании ресурсов преобразования длины волны, имеющиеся в оптических сетях. При таких требованиях сложно определить единый показатель маршрутизации для выбора алгоритма.

В связи с этим, необходима новая стратегия, направленная на поиски приемлемых маршрутов для заданных световых путей при соблюдении их QoS требований с учётом использования сетевых ресурсов и уменьшения вероятности блокировки вызова в оптической сети.

3. Базовые правила нечётких выводов

В [1] авторы предложили эвристику на основе нечёткой логики для решения задачи маршрутизации в DWDM сетях с ограниченными возможностями преобразования волны. В предложенном подходе используются базовые правила нечётких выводов для назначения нечётких затрат для каждого пути на основе точных показателей пути, точной информации о состоянии каналов сети и об использовании сетевых ресурсов. Эти базовые правила сводятся к следующему.

1. *Система нечёткого вывода*: алгоритмы маршрутизации должны выбрать набор каналов, используемых по маршруту светового пути в оптической сети от источника до получателя. Однако задача назначения маршрута оптического светового пути, основанная на двух или более QoS параметрах, является NP-полной задачей. В этом случае и предлагается использование техники нечёткой логики.

Выбор маршрута на основе нечёткой логики базируется на следующих рассуждениях. Нечёткие затраты для каждого пути назначаются на основе QoS параметров этого пути, при этом учитывается информация о состоянии общих сетевых ресурсов. Когда уровень нагрузки сети высок, например 80 %, а уровень загрузки используемых преобразователей низок, предпочтительней задействовать короткие пути, даже в том случае, если они используют больше сетевых ресурсов, например, преобразователей. Когда уровень нагрузки сети низок, а уровень загрузки преобразователей – высокий, пути, использующие меньше ресурсов преобразования длины волны, более предпочтительны, даже если они длиннее в плане числа транзитных участков. Таким образом, учитывается информация о состоянии сети и сетевых ресурсов. Но есть один недостаток. Не учитывается возможность блокировки вызова.

2. *Функции принадлежности*: в модуле выбора маршрута на основе нечёткой логики функции принадлежности используются в правилах предшествования и последствия. На входе модуля используется восемь лингвистических переменных для представления QoS показателей маршрута и информации о состоянии сети. На выходе – одна лингвистическая переменная, которая представляет общий нечёткий расход, присвоенный пути. Функции принадлежности этих переменных выбираются из s-функции и z-функции для входных лингвистических переменных и гауссовской функции для выходных переменных:

$$s(a, b, x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a}\pi\right), & b \leq x \leq a; \\ 1, & b < x \end{cases}$$

$$z(a, b, x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a}\pi\right), & b \leq x \leq a; \\ 1, & b < x \end{cases}$$

$$Gaussian(c, \sigma, x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}\right],$$

где параметры a и b являются назначенными параметрами функции принадлежности.

Далее представлена общая форма восьми функций принадлежности, используемых в модуле выбора маршрута на основе нечёткой логики. Параметры a и b для каждой функции принадлежности принимают значения, оговоренные заданной функцией.

1. Функция принадлежности является s-образной и показана на графике (рис. 2). Когда оптические сигналы, передаваемые между парами передачи в сети, имеют низкий уровень мощности или низкие соотношения оптического сигнала к шуму, значения, назначаемые параметрам a и b , должны быть низкие (например, $a = 2$ и $b = 4$). Если указанные сигналы и соотношения имеют высокий уровень, значения, назначаемые параметрам a и b , могут быть высокими (например, $a = 6$ и $b = 14$).

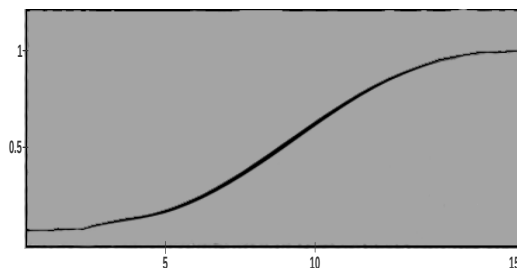


Рис. 2. S-образная функция принадлежности

2. Функция принадлежности также является s-образной, значения её a и b параметров зависят от диапазона значений, используемых для показателя использования ресурса сети. Обычно показателем является число от 0 до 255. В этом случае предлагаются значения параметров выбрать: $a = 0$ и $b = 255$.

3. Функция принадлежности является s-образной с параметрами $a = 0$ и $b = 1$. Данная функция позволяет выявлять соединения, которые используют много транзитов при высоком уровне загрузки сети.

4. Функция принадлежности является s-образной также с параметрами $a = 0$ и $b = 1$. Но в этом случае функция позволяет выявлять соединения, которые используют много преобразователей при высоком уровне их загрузки.

5. Функция принадлежности является s-образной и позволяет выявить соединения, которые используют больше ресурсов преобразования длины волны. Выбор значения для параметра b этой функции соответствует выбору соединения.

5. Функция принадлежности является z-образной (рис. 3). Если сеть имеет избыточное число каналов, значение параметра b может быть увеличено. В этом случае можно говорить о безопасности (защищённости) пути.

6. Функция принадлежности является z-образной. Выбор значения для параметра b этой функции соответствует выбору не перегруженного пути.

7. Функция принадлежности является z-образной. Выбор значения для параметра b этой функции соответствует выбору соединением путей, не перегруженных в плане преобразования длины волны.

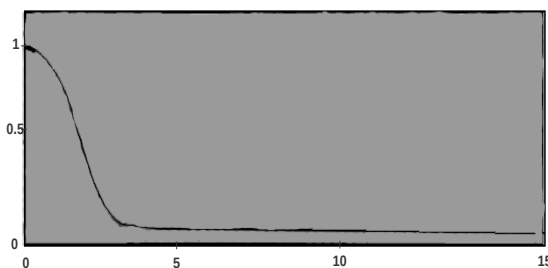


Рис. 3. Z-образная функция принадлежности

Графики рис. 4 показывают общую форму выходных функций принадлежности общих затрат. Выходные функции принадлежности имеют следующие параметры:

Low Cost: Gaussian(20,50,x); Low Hops: Gaussian(20,150,x);

Low Converters: Gaussian(20,250,x); High Converters: Gaussian(20,550,x);

High Diversity: Gaussian(20,350,x); Low Diversity: Gaussian(20,450,x);

High Hops: Gaussian(20,650,x); High Cost: Gaussian(20,750,x).

Выходные функции принадлежности, используемые в модуле выбора маршрута на основе нечёткой логики, основываются на гауссовых функциях принадлежности с интервалом 100 единиц между функциями и $\sigma = 20$. Оператор может настроить эти параметры для расчёта общих затрат пути различным образом.

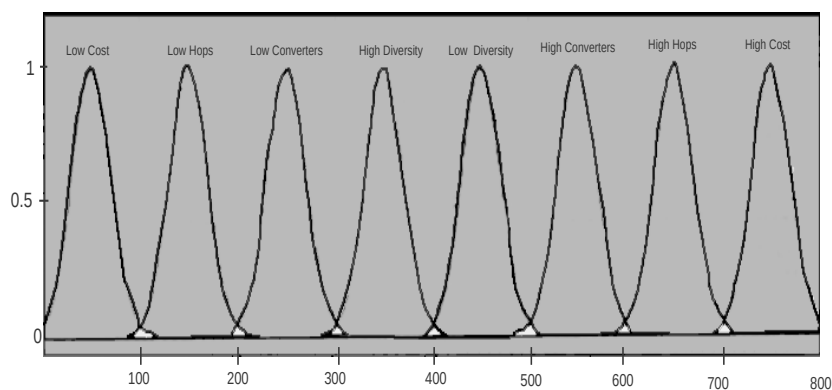


Рис. 4. Выходные функции принадлежности, используемые для выбора маршрута на основе нечёткой логики

4. Заключение

Сегодняшние сетевые структуры неизбежно требуют преобразований и переключений между оптической и электронной частями сети. Если сейчас это проблема решается на уровне системы управления и обслуживания, то в полностью IP-совместимых сетях будущего появятся новые требования к физическому уровню (такие, как маршрутизация, IP-сигнализация и т.д.). В настоящее время на тему формулировки и реализации этих требований продолжаются дискуссии. Тем временем на рынке специалисты разделились во мнениях при решении вопроса о том, как же, в конце концов, должны взаимодействовать IP-маршрутизаторы с оптическими сетями при завершении соединения между абонентами сети. При рассмотрении сценария развития широкополосных сетей было отмечено, что технология DWDM, совместно с SDH, может сыграть свою важную роль в постепенной миграции сетей к полностью IP-совместимости.

Рекомендуемые правила назначения путей, основанные на информации о состоянии каналов в сети и о состоянии сети в целом, направлены на то, чтобы сохранить сетевые ресурсы в условиях, когда уровень их использования высок, и в то же время обеспечить низкозатратные пути, когда ресурсы сети используются не в полной мере. В совокупности такой подход позволит снизить вероятность блокировки вызовов.

Литература

1. K.Chan and T.P.Yum, "Analysis of least congested path routing in WDM light wave networks", in Proc/ INFOCOM, June 1994, pp.962-969.
2. H.Zang et al., "A review of routing and wavelength assignment approaches for wavelength-routed optical WDM networks", Opt Networks Mag., vol.1, pp.47-60, 2001.
3. S. Subramaniam, M. Azizoglu, and A.K. Somani, "On optimal converter placement in wavelength-routed networks", IEEE/ACM Trans. Networking, vol.7, pp.754-766, Oct. 1999.
4. Zadeh L. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes // IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. №3. – 1973. – P. 28-31.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976.

Статья поступила в редакцию 16.06.2010

Шерстнева Ольга Григорьевна

к.т.н., доцент кафедры автоматической электросвязи СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86)

тел. 89139591953, e-mail: sherstneva@ngs.ru.

Processing of the information on routing in optical networks on the basis of a fuzzy logic method

O. Sherstneva

The article is a survey and is prepared on materials of foreign sources. On the basis of the module of primary processing of input parameters in an optical network the results of use of a fuzzy logic method are provided for definition of the most favorable route from the viewpoint of its cost and presence of network resources.

Keywords: optical networks, fuzzy logic, linguistic variable, fuzzy reasoning, heuristics, algorithms of routing, function of an accessory.